



# MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

„Crossmodal correspondences zwischen Klang und Farbe bei  
4-6-jährigen Kindern“

verfasst von | submitted by  
Hristina Lazarova BA

angestrebter akademischer Grad | in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Master of Arts (MA)

Wien | Vienna, 2024

Studienkennzahl lt. Studienblatt | Degree  
programme code as it appears on the  
student record sheet:

UA 066 836

Studienrichtung lt. Studienblatt | Degree  
programme as it appears on the student  
record sheet:

Masterstudium Musikwissenschaft

Betreut von | Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Christoph Reuter M.A.

## **Danksagung**

Einen besonderen Dank möchte ich an meinen Betreuer und Professor Univ. Pro. Dr. Christoph Reuter ausrichten, der mich motiviert hat, mich mit diesem Thema auseinanderzusetzen, der mich während des ganzen Arbeitsprozesses mit fundierten Kenntnissen, guten Ratschlägen, Vorschlägen und Ideen unterstützt hat.

Ein großes Dankeschön für die Inspiration an der musikpädagogischen Arbeit mit Kindern möchte ich Frau Doz.in (privH) Mag Nicola Mach von der Joseph Haydn Privat Hochschule aussprechen, die schon vor vielen Jahren eine Sensibilität dafür in mir entdeckt hat.

Ganz herzlich möchte ich mich bei der Musikschulleitung der Anton-Stadler-Musikschule (Bruck an der Leitha) Frau Mag. Serafia Myriknopoulou für das Erlaubnis, im Rahmen des EMP-Unterrichts das Pilot-Experiment durchzuführen.

Außerdem geht ein großes Dankeschön an die Eltern, die bereit waren, mich auf diesen Weg zu begleiten, und selbstverständlich an die Kinder, die an den einzelnen Versuchen teilgenommen haben.

Zuletzt sage ich ein herzliches Danke an meinen engsten Vertrauten, die viel Zeit mit mir und dieser Arbeit verbracht haben, die an mich geglaubt und mich immer aufgebaut haben.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau des menschlichen Ohrs (Boenninghaus / Lenarz, 2005, S. 6).

Abbildung 2: Der Nervenbahnweg der auditiven Reizverarbeitung (Reimer, 2010, S. 4).

Abbildung 3: Das menschliche Auge (Gregory, 2001, S. 54).

Abbildung 4: Der Weg der optischen Wahrnehmung und Chiasma opticum – Sehnervenbahnenkreuzung (Gregory, 2002, S. 102).

Abbildung 5: Aufbau des menschlichen Gehirns: Gehirnlappen und seine für die Informationsverarbeitung zuständigen Zentren (Savada / Hillis /Heller / Hacker, 2019, S. 1416).

Abbildung 6: Querschnitt des menschlichen Gehirns (Harrison, 2007, S. 199).

Abbildung 7: Ablauf des Wahrnehmungsprozesses eines Objekts bei einem visuellen Reiz (Goldstein, 2023, S. 6).

Abbildung 8: Gehirnareale und multisensorische Wahrnehmung (Driver / Noesselt, 2008, S. 25).

Abbildung 9: Zwei abstrakte Bilder werden intuitiv den Nonsense-Wörtern *maluma* (links) und *takete* (rechts) nach Köhler, 1929, zugeordnet (Köhler, 1975, S. 225; Murari et al., 2015, S. 363).

Abbildung 10: Die Auswirkung der Anordnung der kulinarischen Elemente eines Gerichts in einer von der Kunst inspirierten Weise auf die Erwartungen des Gastes und seine Erfahrung mit dem Essen (Spence, 2018, S. 3).

Abbildung 11: Tonleiterübung zum Bewegungsbild, in „A dozen a day“, Buch 1, (Burnam, 2016, S. 1.)

Abbildung 12: Geschmack-Tonhöhe-Entsprechungen (Crisinel / Spence, 2010, S. 1996).

Abbildung 13: Geschmack-Instrumentengruppe-Entsprechungen (Crisinel / Spence, 2010, S. 1996).

Abbildung 14: Größe-Dunkelheit- und Größe-Lautstärke-Korrespondenzen (Smith / Sera, 1992, S. 105).

Abbildung 15: Sechs Adjektive zur farblichen Zuordnung (Emmett, 1994, S. 118).

Abbildung 16: Visuelle Stimuli in den Experimenten 1 (a) und 2 (b) (Walker et al, 2010, S. 22).

Abbildung 17: Visuelle, auditive und taktile Stimuli (Nava et. Al. 2016, S. 99).

Abbildung 18: Die fünf Grundfarben bei Athanasius Kircher (Silvestrini, N. / Fischer E. P., 2002 S. 30).

Abbildung 19: Die den Farben entsprechenden Töne der dorischen Tonleiter (Newton 1704, Book I, Part II, Plate III., Fig. 11, S. 145f.).

Abbildung 20: Links: Der aquarellierte Farbkreis von Goethe (2016, Umschlag);

Abbildung 21: Rechts: Das Farbdreieck als Ausgangspunkt der Farbunterteilung (Silvestrini, N. / Fischer E. P., 2002 S. 53).

Abbildung 22: Links: Chromatische Zuordnung der Farben zu den musikalischen Tönen (Helmholtz, 1867, S. 237, verf. unter:

[https://books.google.at/books?id=E3EZAAAAYAAJ&printsec=frontcover&redir\\_esc=y#v=onepage&q=tonleiter&f=true](https://books.google.at/books?id=E3EZAAAAYAAJ&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q=tonleiter&f=true) – letzter Zugriff am 07.09.2024);

Abbildung 23: Rechts: „Farbkreis“ nach Helmholtz (Silvestrini, N. / Fischer E. P., 2002 S. 73).

Abbildung 25: Die zehn häufigsten Arten der Synästhesie (Day, 2006, S. 19).

Abbildung 26: Die verschiedenen Neurotransmitter, die Lage der Raphe-Kerne und des Locus caeruleus im Gehirn (Morin et al., 2015, S. 8).

Abbildung 27: Vererbung von Synästhesie (Baron-Cohen, 1996, S. 1079).

Abbildung 28: Ellen Tucker, das erste Kind mit dokumentierter Synästhesie (Jewanski, 2017, S. 131).

Abbildung 29: Das Sonne-Mond-Bild (selbst gestaltet).

Abbildung 30: Auswertung der hell-dunkel Ergebnisse vom 30.11.23.

Abbildung 31: Auswertung der hell-dunkel-Ergebnisse vom 07.12.23.

Abbildung 32: Das Arbeitsblatt mit sechs Grundfarben erstellt mithilfe von: <https://www.optikunde.de/farbe/> – letzter Zugriff am 19.12.23.

Abbildung 33: Schattierungsaufgabe – jedes Kind durfte selber probieren wie man mit einer Farbe verschiedene Nuancen erzeugen kann.

Abbildung 34 Auswertung der hell/dunkel-Ergebnisse vom 14.12.23.

Abbildung 35: Auswertung der Farb-Ergebnisse vom 14.12.23.

Abbildung 36: Die Gegensatzpaare aus dem Lied wurden mit einfachen und leicht nachzuzeichnenden grafischen Elementen auf ein Blatt Papier übertragen. Jede/jeder der SchülerInnen durfte malen.

Abbildung 37: Auswertung der hell-dunkel-Ergebnisse vom 21.12.23.

Abbildung 38: Auswertung der hell-dunkel-Ergebnisse vom 06.06.24.

Abbildung 39: Auswertung der hell-dunkel-Ergebnisse 1–10 vom 21.12.23 und vom 06.06.24.

Abbildung 40: Auswertung der hell-dunkel-Ergebnisse 11–20 vom 21.12.23 und vom 06.06.24.

Abbildung. 41: Korrelations-Berechnungen via JASP

## **Tabellenverzeichnis:**

Tabelle 1: Funktions- und Organisationsprinzipien der Sinne (Epping et al., 2006, S. 9).

Tabelle 2: Ton-Farb-Dynamik-Entsprechungen (Roth, 1951, S. 53).

Tabelle 3: Frequenz-Farb-Entsprechungen (Simpson et al., 1956, S. 98).

Tabelle 4: Adjektiv-Farb -Entsprechungen (erstellt nach: Emmett, 1994, S. 121).

Tabelle 5: Häufigkeit der Farbwahl (Emmett, 1994, S. 126).

Tabelle 6: Beziehungen zwischen Farbwahl und Musikinstrument (erstellt nach: Emmett, 1994, S. 183-184).

Tabelle 7: Zuordnung der musikalischen Töne der fünf Grundfarben bei Kircher aus „Analogia rerum cum coloribus“ (Jewanski, 1999, S. 200).

Tabelle 8: Mutmaßliche Organisationsprinzipien, die verschiedenen Dimensionen der Wahrnehmungserfahrung zugrunde liegen, und unterstützende Referenzen, (Spence / Di Stefano, 2022, S. 3).

Tabelle 9: Synästhesiearten (Day, 2016, S. 15).

Tabelle 10: Unterschiede zwischen Synästhesie und CMC.

1. Einleitung .....	9
2. Wahrnehmung, Wahrnehmungsorgane Auge und Ohr im Vergleich und Wahrnehmungsprozesse. ....	12
2.1. Wahrnehmung – Einführung .....	12
2.1.1. Definition.....	12
2.1.2. Sinnesorgane Auge und Ohr im Vergleich .....	13
2.1.2.1. Das menschliche Ohr.....	13
2.1.2.2. Das menschliche Auge .....	17
2.1.2.3. Tabellarischer Vergleich des Seh- und Hörsinns und Schlussfolgerungen.....	19
2.1.3. Gehirnaufbau und Informationsverarbeitung sensorischer Reize .....	22
2.1.4. Der Wahrnehmungsprozess (in sieben Schritten) und seine Besonderheiten .....	24
2.2. Entwicklung und kindliche Wahrnehmung audio-visueller Reize, sowie angestrebtes Wissen bei Kindern (zwischen 4-6 J.).....	29
2.2.1. Kindliche Entwicklung und ihre Typen.....	30
2.2.2. Erlernen musikalisches Wissens und Erwerb musikalischer motorisch-kognitiver Fähigkeiten bei Kindern im Alter von 4-6 Jahren .....	31
2.3. Schlussfolgerungen/Zusammenfassung.....	34
3. Crossmodal Correspondences.....	35
3.1. Definitionen.....	35
3.2. Typische Bereiche der CMC .....	37
3.3. CMC in der Musik und in der Kunst .....	42
3.3.1 Allgemeine Korrelationen .....	43
3.3.2. Zwei Forschungsbeispiele .....	44
3.4. CMC bei Kindern .....	50
3.4.1. Sinn und Zweck.....	50
3.4.2. Forschungsbeispiele .....	51
3.5. Kurzer Historischer Überblick/Forschungsgeschichte der CMC von Klang und Farbe .....	72
3.6. Zusammenfassung .....	79
4. Synästhesie und Farbwahrnehmung .....	80
4.1. Definitionen.....	80
4.2. Arten von Synästhesie .....	80
4.3. Testverfahren – die <i>Synesthesia Battery</i> (2011) .....	83
4.4. Physiologische Ursachen für die „Entstehung“ von Synästhesie .....	83
4.5. Synästhesie bei Kindern .....	92
4.6. Zusammenfassung und Unterscheidung von Synästhesie und CMC.....	95
5. Pilot-Experiment .....	98
5.1. Einleitung zum Experiment .....	98
5.2. Fragestellung .....	99
5.2.1. Ziel .....	99
5.2.2. Fragestellungen und erwartbare Ergebnisse .....	99
5.3. Rahmendaten und Gruppenzusammensetzung .....	100

5.4. Methoden und Aufbau des Experiments.....	101
5.4.1. Klang-Stimuli .....	101
5.4.2. Grobe Ablaufetappen.....	102
5.5. Grobe Planung des Experiments.....	102
5.6. Das Pilot-Experiment und seine Ergebnisse im Verlauf.....	103
5.6.1. Erster Versuch am 30.11.2023.....	103
5.6.2. Zweiter Versuch am 07.12.2024.....	107
5.6.3. Dritter Versuch am 14.12.23 .....	111
5.6.4. Vierter Versuch am 21.12.2024.....	119
5.6.5. Zusammenfassung der Ergebnisse aus den vier Experimenten und Forschungsüberlegungen .....	124
5.6.6. Kontrollversuch am 06.06.24 .....	126
5.6.7. Ergebnisse, Tendenzen und abschließende Schlussfolgerungen .....	136
6. Fazit.....	138
7. Literaturverzeichnis .....	142
8. Anhang .....	157
8.1. Abstract .....	158
8.2. Spielerisches Ton-Farb-Experiment für Kinder (4-6-J.).....	160
8.3. Einverständniserklärung zur Veröffentlichung von Foto- und Videoaufnahmen im Rahmen des Experiments zur Ton-Farb-Wahrnehmung bei Kindern im Alter von 4-6 Jahren .....	161
8.4. Notenmaterial als Vorbereitung aufs Pilot-Experiment.....	162
8.5. Grobe Experimentplanung.....	163
8.6. Audio-Features-Analyse von den Messpunkten 2-4.....	170

## 1. Einleitung

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Überblick über die Verknüpfung von Farbe und Klangfarbe als Crossmodal Correspondence (CMC) sowohl aus der Sicht der Wahrnehmungspsychologie als auch aus der Perspektive der Musikwissenschaft gegeben. In weiterer Folge soll das Thema im Kontext der wissenschaftlichen Arbeit mit Kindern als Versuchspersonen näher analysiert werden.

Eine Crossmodal Correspondence (CMC) stellt ein universelles Merkmal der multisensorischen Wahrnehmung dar, indem Verbindungen (Assoziationen) zwischen scheinbar unverbundenen sensorischen Merkmalen aus verschiedenen Sinnesmodalitäten hergestellt werden (Parise, 2015, S. 1). Dies ist ein kognitiver Prozess, der zur Ordnung der Umgebungsreize dienen kann (Crisinel / Spence, 2010, S. 2000-2001). Aus diesem Grund ist das Thema für verschiedene Wissenschaftsbereiche relevant und gewinnt immer mehr an Bedeutung – wofür zahlreiche neurologische, psychologische, musikalische etc. Studien sprechen. Da in dieser musikwissenschaftlichen Arbeit die crossmodalen Klang-Farbe-Beziehungen bei Kindern im Alter 4-6 J. im Mittelpunkt stehen, soll die pädagogische Sichtweise bei der Auseinandersetzung auch berücksichtigt werden.

Von solchen intermodalen Wechselwirkungen sind alle Sinne betroffen und sie treten häufiger auf, wenn nicht nur *perzeptuelle* (akustische, visuelle oder haptische), sondern auch *amodale* (statische) Reize – wie z. B. Emotionen oder Grundstimmungen – miteinander kombiniert werden (Wesselein, A.-K.; Frings, C; 2020, S. 223). Aus dieser punktuellen Definition wird klar, dass vor der kritischen Betrachtung der CMC auch eine Auseinandersetzung mit dem Thema Sinne und Sinneswahrnehmung essentiell ist.

Die Wahrnehmungsorgane Auge und Ohr, der Wahrnehmungsprozess, seine Etappen, das Zusammenspiel mehrerer Sinne sowie deren Besonderheiten bei Kindern stehen somit im zweiten Kapitel im Fokus. Im dritten Kapitel werden die unterschiedlichen Arten und Wirkungsweisen der CMC innerhalb und außerhalb des musikwissenschaftlichen Forschungskontextes näher beleuchtet, um sich detaillierter mit den crossmodalen Zusammenhängen zwischen Tonhöhe, Klangfarbe von Musikinstrumenten und Farbwahl zu beschäftigen. Nach bisherigen Studien gibt es hier sowohl Zusammenhänge zwischen dem Helligkeitsempfinden eines Klanges

und seiner Tonhöhe und/oder Lautstärke als auch zwischen der Tonhöhe eines Klanges und der Form und Größe eines Objekts etc. (Parise, 2015, S. 4).

Wenn es um farbige Strukturen geht, welche durch musikalische Töne, also durch auditive Stimuli, ausgelöst werden, spricht man häufig, manchmal auch irreführend, von Synästhesie. Die *Synästhesie* beschreibt ein *unwillkürliches* = nicht bewusst steuerbares zusätzliches Auftreten *eines Sinneseindrucks bei Reizung eines anderen Sinnes* aus (Jewanski; Sidler, 2006, S. 39). Der Unterschied zwischen CMC und Synästhesie besteht also in der *Kontrollierbarkeit* der Wahrnehmung – diesem Phänomen widmet sich das vierte Kapitel. Aufbauend auf den bisherigen Ergebnissen zu den CMC folgt im 5. Kapitel ein kleines Pilot-Experiment zu den Assoziationen von Klang und Farbe bei Kindern.

Dem Versuch geht eine Auseinandersetzung mit Studien von Roth (1951), Herkner (1970), Smith / Sera (1992), Crisinel / Spence (2010) etc. voraus. Die kritische Auseinandersetzung mit den wissenschaftlichen Studien und ihren Ergebnissen bilden die Grundlage für die Experimentplanung- und Gestaltung mit SchülerInnen der Anton-Stadler-Musikschule in Bruck an der Leitha.

Da viele der bisherigen Studien vor allem an Versuchspersonen im Volksschul- oder Gymnasial-Alter (bzw. mit Erwachsenen) durchgeführt wurden, besteht die offene Frage, inwieweit solche intermodalen Assoziationen zwischen Klang und Farbe auch bei jüngeren Kindern (4-6 J.) schon ausgeprägt sind, und ob sie vergleichbar zu denen von älteren Versuchspersonen sind. So ergeben sich für einen Pilotversuch in zwei Kleingruppen mit jeweils fünf Kindern folgende hypothetischen Fragestellungen:

- Empfinden Kinder im Alter von 4-6 J. hohe Töne als *hell* und tiefe als *dunkel*?
- Spielt in der Altersgruppe 4-6 J. bei konstanter Tonhöhe der Instrumentenklang eine entscheidende Rolle für die klangliche Bewertung als *hell* oder *dunkel*? Werden Instrumente mit hellerer, d. h. teiltonreicherer Klangfarbe, als *hell* oder *dunkel* bezeichnet?
- Haben Kinder in der Altersgruppe 4-6 J. eine konstante Klang-Farb- bzw. Klang-Helligkeits-Zuordnung?

Eine kritische Diskussion der Ergebnisse folgt im letzten Kapitel. In Übereinstimmung mit Smith & Sera (1992) zeigte sich die Zuordnung von Farben bzw. Helligkeiten zu Klängen im Alter zwischen 4 und 6 Jahren als ein dynamischer Prozess, bei dem ein Großteil der Versuchspersonen in der Lage war eine dem Erwachsenenalter entsprechende CMC-Verknüpfungen von Klang und Helligkeit/Farbe herzustellen: d. h. je heller, also teiltonreicher oder höher der vorgespielte Klang ist, desto heller erweist sich die ausgewählte Farbe.

## 2. Wahrnehmung, Wahrnehmungsorgane Auge und Ohr im Vergleich und Wahrnehmungsprozesse.

### 2.1. Wahrnehmung – Einführung

#### 2.1.1. Definition

Die Wahrnehmung bzw. der Wahrnehmungsprozess bezweckt die Identifikation, die Positionierung und die sinngemäße zeitliche und räumliche Zuordnung eines Gegenstands, einer Erscheinung oder des Ichs selbst, damit eine Wiedererkennung zu einem späteren Zeitpunkt ermöglicht wird (Milner, Goodale, 1995, S. 163–165). Auch wenn die subjektive Reizrezeption jedes Mal durch die etwas anderen Umstände etwas anders ausfällt und wegen der persönlichen Lernerfahrungen unterschiedlich interpretiert werden kann, wird die „Welt“ als relativ stabil wahrgenommen (Sternberg, 2009, S. 82). Dieser bedeutende Prozess passiert im Gehirn, wo auch Denkprozesse, Erinnerungsverwaltung und Empfindungsverarbeitung erfolgen (Gregory, 2001, S. 91). Heutzutage gilt das Gehirn allgemein als das bedeutendste Organ schlechthin. Seine Rolle als Organ und das Forschungsinteresse daran waren ursprünglich nebensächlich und gewinnen an Bedeutung erst zu Beginn des 20. Jhs. (ebenda, S. 91–92).

Um den Begriff *Wahrnehmung* kompakt und genau zu definieren, sollte man ihn vom Begriff *Empfindung* unterscheiden, obwohl im Alltag beide oft gleichgesetzt werden. Die Empfindung (*sensation*) ist ein elementarer subjektiver Prozess, der zu Beginn des sensorischen Systems auftritt, d. h. am Sinnesorgan (Ansorge / Leder, 2011, S. 39; Goldstein, 2023, S. 506). Darauf folgt die *Wahrnehmung* (*perception*) als eine bewusste sensorische Erfahrung oder als bewusster Prozess bezeichnet (Goldstein, 2023, S. 535). Diese setzt eine Abfolge von Einzelschritten im Gang, die von der Rezeption des Reizes (Stimulus), zu seinem Erkennen (Zuordnen) und schließlich zu einer Reaktion (Handlung bzw. keine Handlung) darauf führen. Je nach Art des Stimulus, werden verschiedene Teile des Gehirns aktiviert, um den Reiz aufzunehmen, zu definieren, zu verarbeiten und schließlich um eine Reaktion darauf auszulösen. Daraus entsteht ein Sinnessystem, das die Sinnesorgane durch Nervenverbindungen und mit den entsprechenden Gehirnarealen verknüpft (Ansorge / Leder, 2011, S. 39). Ansorge und Leder definieren die Wahrnehmung als ein aktiver Prozess, welcher von den darauffolgenden Reaktionen und Handlungen bestimmt ist (ebenda, S. 136).

## 2.1.2. Sinnesorgane Auge und Ohr im Vergleich

Jedes der Sinnesorgane verfügt über spezifische Rezeptoren, also Zellen oder *biologische Sensoren*, welche die chemische und physikalische Reize aus der Umgebung *auffangen* und diese *ummodellieren*, damit sie vom zentralen Nervensystem, bestehend aus Großhirn und Rückenmark, *verstanden* werden können (Epping et al., 2006, S. 9). Z. B. werden visuelle Stimuli durch das Auge, akustische – durch das Ohr etc. aufgenommen, bevor die tatsächliche Reizverarbeitung stattfindet. Danach werden die Informationen ans dafür zuständige Gehirnzentrum *weitergeleitet* – die visuellen Reize gelangen in den Okzipitallappen, die akustischen in den Temporallappen (Savada / Hillis / Heller / Hacker, 2019 S. 1416; Goldstein, 2023, S. 9). Wie genau dieses geschieht und welche Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten bei den Sinnesorganen Ohr und Auge auftreten, wird nun behandelt.

### 2.1.2.1. Das menschliche Ohr

Das Ohr ist nicht nur ein Hör- sondern auch ein Gleichgewichtsapparat, welcher zum Orten von Schallquellen, zur Sprach- und Intelligenzentwicklung sowie zur Kommunikation und Umgebungskontrolle bis zur Emotionssteuerung dient (Epping et al. 2006, S. 31; Koscielny, 2017, S. 4). Bei seinen zwei groben Aufbaubereichen wird zwischen peripheren und zentralen Anteil unterschieden. Das periphere Hör- und Gleichgewichtsorgan befindet sich im Schläfenbein (*Os temporale*) und wird in Paukenteil (*Pars tympanica*), Schuppe (*Pars squamosa*), Felsenbein (*Pars petrosa*) mit Warzenfortsatz (*Processus mastoideus*) und Griffelfortsatz (*Processus styloideus*) unterteilt; der zentrale Anteil befindet sich im Gehirn (Boenninghaus / Lenarz, 2005, S. 6).

Beim Hörprozess werden aus den Schallquellen und den somit entstandenen Druckveränderungen in der Luft mit Geschwindigkeit von 340 m/s Informationen gewonnen (Epping et al, 2006, S. 31). Der gewöhnliche Hörbereich eines gesunden Jugendlichen liegt bei 16-20000 Hz, im zunehmenden Alter kann die obere Hörgrenze bis auf 500 Hz absinken. In diesem Zusammenhang berichtet man z. B. von beeinträchtigtem Sprachverständnis in einer lauterer Umgebung etc. (Rensing, / Rippe, 2014, S. 258).

Die Schwingungsperiodizität der Luftmolekülen und ihr Tempo machen die akustisch wahrnehmbare Tonhöhe aus. Der Schalldruck vom Trommelfell, also die Stärke der Bewegung der Luftmoleküle, bestimmt die hörbare Lautstärke (Epping et al, 2006, S. 31). Um diesen Ablauf zu verstehen, ist eine Auseinandersetzung mit dem Aufbau des Ohres erforderlich, welcher in Abb.1 ersichtlich ist.

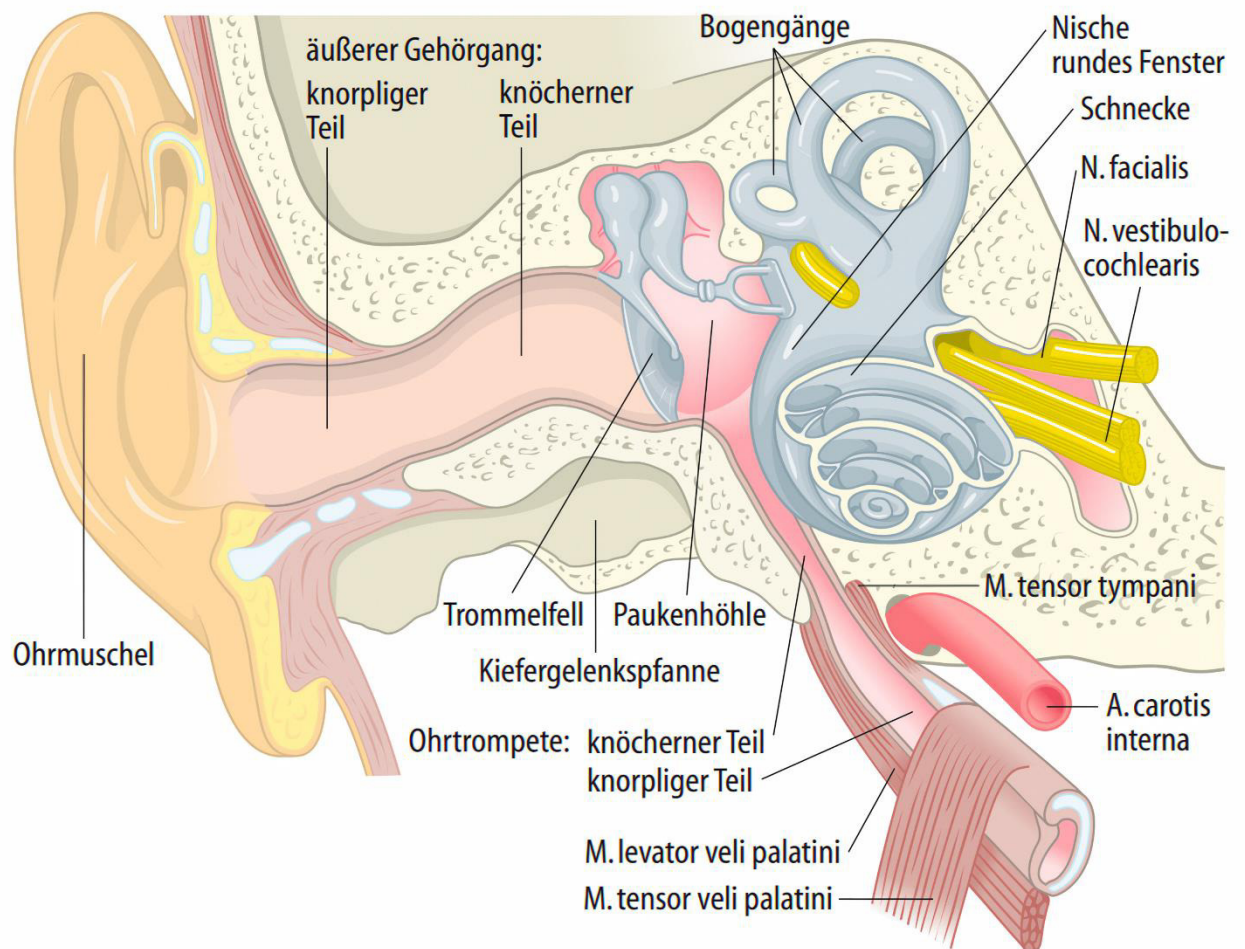


Abb. 1.: Aufbau des menschlichen Ohrs (Boenninghaus / Lenarz, 2005, S. 6).

Grob wird das Ohr in drei Bereichen unterteilt: äußeres-, Mittel- und Innenohr. Jeder Bereich hat eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen. Durch das äußere Ohr, bestehend aus der knorpeligen Ohrmuschel und dem äußeren 3-4 cm langen Gehörgang, dringen die Schallwellen herein, setzen das Trommelfell, welches die Grenze zwischen dem äußeren und dem Mittelohr

bildet, am Ende des Ganges in Schwingung (Boenninghaus / Lenarz, 2005, S. 6; Epping et al., 2006, S. 31; Ovcharov / Vankov, 2016, S. 885). Die elastische Ohrmuschel, welche nach vorne und seitlich gerichtet ist, ist zuständig für das Richtungshören und die Oben-Lokalisierung (Ovcharov / Vankov, 2016, S. 886). Der Gehörgang ist mit Härchen und Ceruminaldrüsen ausgestattet, welche Ohrenschmalz produzieren und eine Schutzfunktion ausüben (ebenda, S. 888).

Die aus der Luft empfangenen Vibrationen der Membran werden an die Gehörkette des Mittelohrs weitergeleitet. Ihre drei Gehörknöchelchen nennt man Hammer, Amboss und Steigbügel. Nach klinischen Gesichtspunkten könnte man das Mittelohr auch in Trommelfell, Ohrtrumpete (oder eustachische Röhre zum Ausgleich des Luftdruckunterschieds zwischen Mittelohr und Umgebung), Paukenhöhle und in die pneumatischen (luftgefüllten) Räumen gliedern (Boenninghaus / Lenarz, 2005, S. 6; Epping et al., 2006, S. 31). Das Mittelohr hat u. a. auch die Aufgabe das innere Ohr vor zu hoher Lautstärke zu beschützen und die frequenzselektive Empfindlichkeitsänderung des Gehörs zu steuern (Schätzle / Koch, 1995, S. 574). Hier findet die Impedanzwandlung von Luftschall zu Wasserschall über die Gehörknöchelchen statt. Die Gehörknöchelchen ermöglichen durch ihre Hebelwirkung und durch die Vergrößerung der Fläche, auf die der Schalldruck wirkt, die Impedanzwandlung. Der Wasserschall wird für die weitere Verarbeitung in der Flüssigkeit des Innenohrs vorbereitet, wo die Umwandlung in elektrische Signale passiert, bevor diese Impulse dann an die Nervenfasern weitergeleitet werden und im Hörzentrum des Temporallappens des Gehirns gelangen. Zum Innenohr gehören das Gleichgewichts- (die Bogengänge, *Ductus semicirculares*) und das Hörorgan (die Schnecke, *Cochlea*).

Auf der inneren Schneckenwand verläuft die Basilarmembran mit Haarsinneszellen (*Stereocilien*), welche für die genaue Nervensignaltransformation zuständig sind. (Epping et al., 2006, S. 31; Rensing, / Rippe, 2014, S. 256–257; Ovcharov / Vankov, 2016, S. 885;). Das s. g. Corti'sche Organ, welches auf der Basilarmembran sitzt, wird durch die Perilymph-Flüssigkeit [und nicht durch Blut] versorgt (Gregory, 2001, S. 55; Ovcharov / Vankov, 2016, S. 897;). „Wären diese empfindlichen Zellen [in der Schnecke] nicht gegen den arteriellen Pulsschlag abgeschirmt, so würden wir taub werden“ – merkt Gregory an (2001, S. 55). Die Cochlea ist somit das zentrale Hörorgan des Menschen (und der Säugetiere allgemein). Die Biegung der Stereocilien wird „über Signale durch die Zellen zu den Synapsen an der Basis der Zellen und von dort auf die auditorischen Nerven übertragen“ (Rensing, / Rippe, 2014, S. 257). Die Haarzellen sind

in 4 Reihen angeordnet, wobei die innere Reihe in Kontakt mit über 95 % der afferenten auditiven Nerven (also zu Gehirn hinführenden) steht. Die drei äußeren Reihen sind im Gegenteil mit einer großen Anzahl von efferenten Fasern verknüpft. Man vermutet, dass diese der Feineinstellung dienen. Allgemein werden hohe Frequenzen an der Basis der Cochlea wahrgenommen und die niedrigen Frequenzen in der Schneckenspitze (ebenda, S. 257).

Nun stellt sich die Frage nach dem Weg des Schalls vom Innenohr bis zu seiner tatsächlichen neuronalen Verarbeitung. Über die Nervenbahnen des Gehörs wird ein Teil der durch das eine Ohr aufgenommenen Information in die gleichseitige Gehirnhälfte geleitet und der andere Teil – in die gegenseitige. Dadurch kann die Schallquellenrichtung genauer bestimmt werden (Ovcharov / Vankov, 2016, S. 763–764). Bei Reimer (2010) findet man folgende schematische Darstellung dieses Weges – s. Abb. 2:

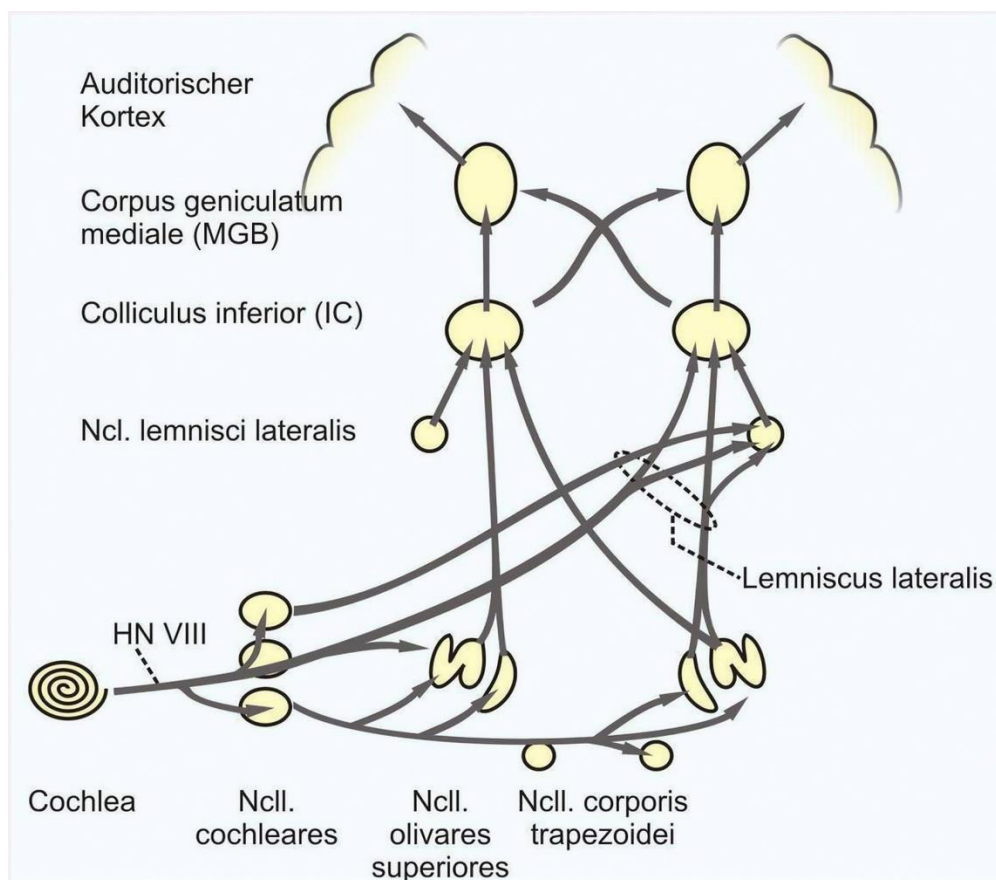


Abb. 2: Der Nervenbahnweg der auditiven Reizverarbeitung (Reimer, 2010, S. 4).

Der empfangene Nervenreiz wird durch *Ganglion cochleare* aufgenommen und der Signal wird stufenweise mit mehreren Verschaltungen seriell und parallel transformiert. Der Hörnerv leitet die von der Cochlea empfangene Schallwelle als elektrisches Signal an den Hirnstamm. Durch den Thalamus wird dieser bearbeitet und sortiert, bevor er schließlich das passende Zentrum der Hirnrinde erreicht, und in weiterer Folge bewusst wahrbenommen und beurteilt wird. (Reimer, 2010, S. 4–5). Der Thalamus könnte eine entscheidende Rolle für die multisensorische Wahrnehmung spielen. Näheres zum Wahrnehmungsprozess wird später erläutert.

#### **2.1.2.2. Das menschliche Auge**

Wie sieht es nun mit dem Auge aus? Nicht nur Menschen und Tiere, sondern auch Pflanzen, sogar Einzeller reagieren sensibel aufs Licht (Gregory, 2001, S. 41). Wie sich genau das menschliche Auge bis heute entwickelt hat, um seine Funktion immer besser auszuführen, wie sein Evolutionsweg verlaufen ist, wird wissenschaftlich untersucht. Hier eine schematische Abbildung zur Veranschaulichung der einzelnen Augenteile und ihrer Aufgaben, welche einen Überblick verschaffen sollen:

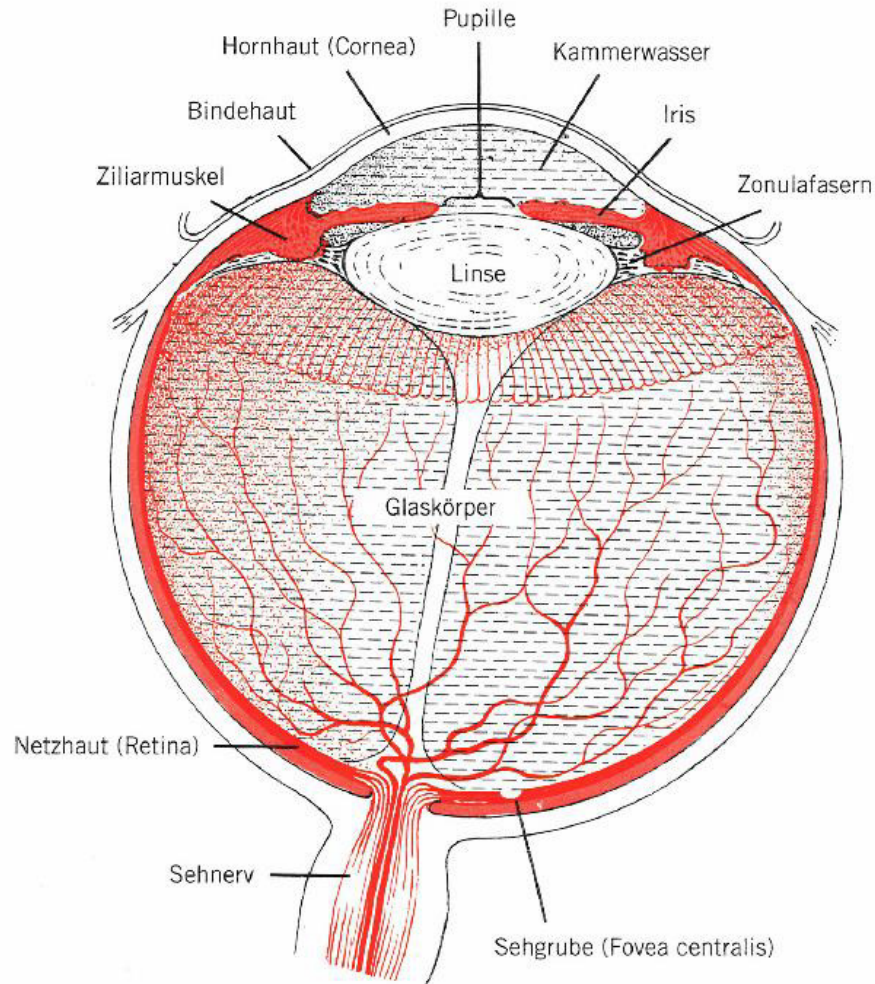


Abb. 3: Das menschliche Auge (Gregory, 2001, S. 54).

Dem Auge, einfach unterteilt in Augapfel (Bulbus oculi), allen Anhangsorganen (z. B. die Augenlider) und dem Sehnerv, verdankt man ungefähr die Hälfte der Sinneseindrücke. Jedoch gilt für das menschliche Auge nur Licht mit Wellenlänge zwischen 350 und 780 Nanometer als sichtbar (Epping et al. 2006, S 17). Es ist allgemein bekannt, dass durch die Augenlider und die Wimpern vermieden wird, dass Fremdkörper hineingelangen und zu Verletzungen bzw. zum Austrocknen des Auges führen. Zur Selbstreinigung dienen die Tränendrüsen und -kanäle, welche sich am unteren und oberen Augenlid befinden. Der Aufbau und das Zusammenspiel seiner „Einzelteile“ machen das Organ zu einem essentiellen optischen Werkzeug. Erstmal dringt das Licht durch die Hornhaut (Cornea) ins Auge hinein, welche das Licht bricht und auch eine Schutzfunktion ausübt (Gregory, 2001, S. 56; Epping, 2006, S. 17). Dahinter befindet sich die Iris, welche die persönliche Augenfarbe definiert und welche die Pupille, die Öffnung mitten

im Auge, umschließt. Die Stäbchen und Zäpfchen auf den Lichtrezeptoren der Netzhaut (Retina) empfangen das Licht. Die erstgenannten sind für die hell/dunkel Unterscheidung zuständig, die zweiten nehmen die Farben Rot, Blau und Grün wahr (Epping et al., S. 9). Die Linse steuert den Fokus auf die Reizquelle und erzeugt eine umgedrehte Abbildung der Quelle auf den Sehzep-toren. Diese vergrößert oder verkleinert ihren Krümmungsradius, wenn das Objekt in der Nähe ist oder sich weiter weg befindet bzw. wenn bei Dunkelheit mehr und bei einer hellen Umge-bung weniger Licht notwendig ist, um seine Schärfe sicherzustellen. Die Linse ist an einer viel-schichtigen membranartigen Bindegewebestruktur, an der Zonula, eingespannt. Durch den Seh-nerv findet die Umwandlung in die fürs Nervensystem notwendigen elektrischen Impulse statt (Gregory, 2001, S. 56). Der Augapfel wird von sechs Muskeln willkürlich bewegt. Vier gerade und zwei schräge Augenmuskeln sind außen ums Auge positioniert und ermöglichen die Bewe-gungen des Augapfels (Gregory, 2001, S. 63-44). Die Pupillenweite und die Lichtmenge auf die Retina werden durch die glatten ringförmigen Muskeln um die Pupille herum gesteuert (ebenda, S. 61).

### 2.1.2.3. Tabellarischer Vergleich des Seh- und Hörsinns und Schlussfolgerun-gen

Nach der obigen Darstellung des Ohres und des Auges bieten sich an eine tabellarische Gegenüberstellung der Sinne im Allgemeinen zu machen – s. Tab. 1

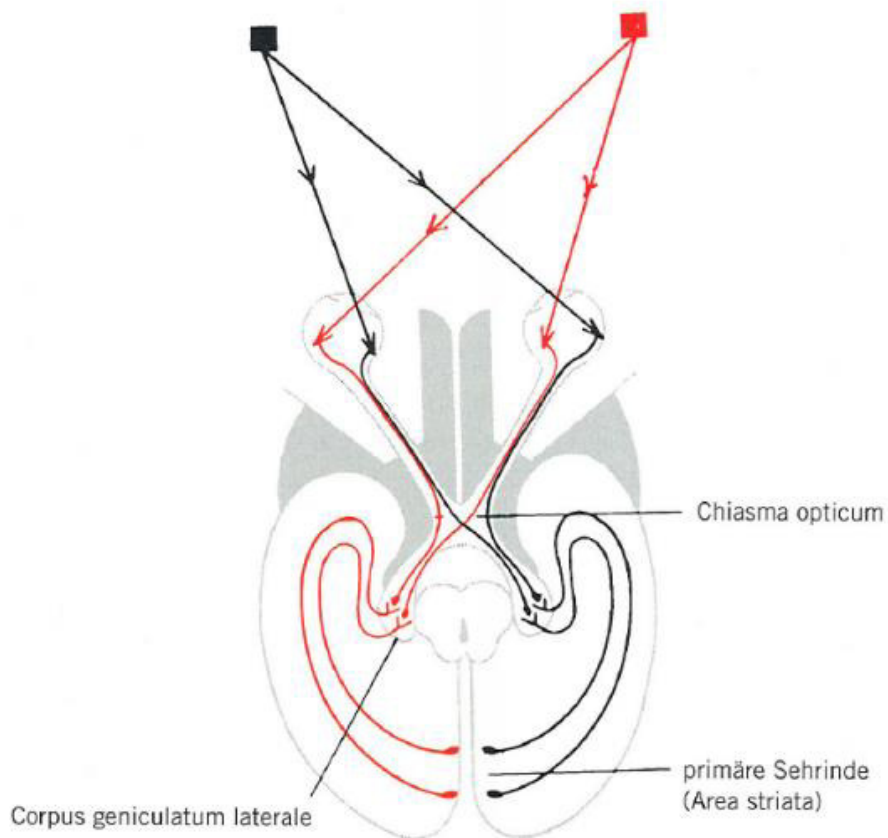
Sinn	Art des Reizes	Reizempfang durch Rezeptorzellen	Umwandlung der empfangenen Reize in bioelektrische Signale	Verarbeitungsbereiche im Gehirn
Sehen	Licht	Fotorezeptoren: Stäbchen (schwarz-weiß), Zapfen (Farben)	Licht (elektromagnetische Wellen) zunächst in biochemische Signale	Visuelles Zentrum (primäre Sehrinde)
Hören	Schall	Haarsinneszellen	Schallwellen zunächst in bioelektrische Signale	Hörzentrum (auditorische Rinde)

Tab. 1: Funktions- und Organisationsprinzipien der Sinne (Epping et al., 2006, S. 9).

Aus dieser Gegenüberstellung fallen mehrere Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede auf. Beide Sinnesorgane erfüllen die Aufgabe, den Kontakt und die Kommunikation mit der Außenwelt zu ermöglichen und operieren mit unterschiedlichen aber in elektrischen Signalen transformierten Wellen – des Schalls bzw. des Lichts. Beide Organe steuern die menschliche

Orientierung in Raum und Zeit und haben ihre sinnesspezifischen Schutzmechanismen. Beide Organe arbeiten selten isoliert. Aus diesem Zusammenspiel kann man intensiver Stimuli wahrnehmen und darauf reagieren. Beeinträchtigungen des Hörens und Sehens erschweren das alltägliche Leben. Ein wesentlicher Unterschied soll auch erwähnt werden und nimmt die Auseinandersetzung mit der Farbskala vorweg. Das Auge und das Ohr reagieren anders bei Mischungen von Tönen oder Farben. Aus zwei Farben entsteht eine neue, für sich stehende Farbe. Bei Tönen findet keine solche homogene Vermischung statt. Zwar werden Töne zu Intervall und Akkordstrukturen zusammengeführt und können von trainierten Ohren auch einzeln herausgehört werden. Bei Farbmischungen lassen sich Gregory zufolge die Ausgangsfarben nicht mehr erkennen (Gregory, 2002, S. 159).

Allgemein lässt sich sagen, dass beide Organe auf Wellenreize aus der Umgebung reagieren, welche beim Ohr in elektrische Impulse umgewandelt werden und vom Auge ein Bild auf der Netzhaut projizieren. Diese schon bearbeitete Information wird nun ans jeweilige Gehirnzentrum weitergeleitet – akustische Reize gelangen in den Temporallappen, visuelle in den Okzipitallappen, sodass man im Normalfall blitzschnell ein Bild sieht bzw. einen Ton/ein Geräusch hört. Die Nervenbahnen, welche die elektrischen Signale transportieren, kreuzen ihre Wege im für die emotionale Beurteilung zuständigen limbischen System.



*Abb. 4: Der Weg der optischen Wahrnehmung und Chiasma opticum – Sehnervenbahnenkreuzung (Gregory, 2002, S. 102).*

Dieses System ist in der Mitte des Gehirns lokalisiert und umfasst Teilbereiche des Groß-, Mittel und des Zwischenhirns (Epping et al., 2006, S. 10). Die linken Teile des optischen Felds werden von der rechten Gehirnhälfte bearbeitet, die rechten Teile – in der linken. Die Verarbeitung der medialen (zentralen) Teile der Retina der beiden Augen kreuzen sich in dem Chiasma opticum und der lateralen (seitlichen) Teile sind in der gleichseitigen Gehirnhälfte lokalisiert (Gregory, 2002, S. 101–102). Es kommen zwar Ähnlichkeiten zwischen dem Weg der auditiven und der visuellen Wahrnehmung vor. Im Vergleich zum Weg der auditiven Wahrnehmung ist dieser der visuellen deutlich einfacher (Ovcharov / Vankov, 2016, S. 763–764). Diese Überkreuzung könnte ein möglicher Grund für die multisensorische Wahrnehmung sein, aus diesem Grund wird in weiterer Folge darauf explizit eingegangen.

### 2.1.3. Gehirnaufbau und Informationsverarbeitung sensorischer Reize

Das menschliche Hirn mit seinen zwei durch einen Balken verbundenen Gehirnhälften gehört zum Zentralnervensystem. Auf der Abbildung fallen die Furchen und Windungen seiner Oberfläche auf. Dieses besteht grob aus den folgenden Bereichen: Großhirn, Hirnrinde (Kortex), Kleinhirn, Zwischenhirn, Hirnstamm, Brücke und Nachhirn. Der Kortex selbst wird in vier Lappen unterteilt. Auf der folgenden Abbildung sind die Gehirnlappen und ihre Funktionen dargestellt:

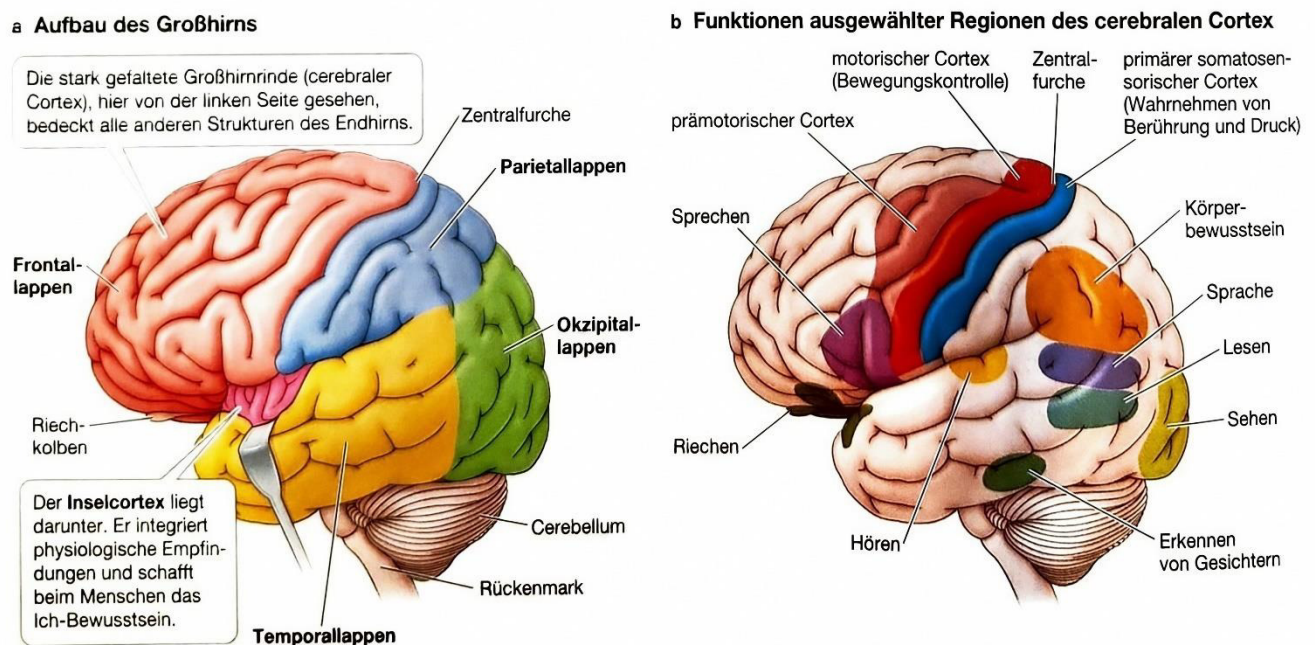


Abb. 5: Aufbau des menschlichen Gehirns: Gehirnlappen (a) und seine für die Informationsverarbeitung zuständigen Zentren (b), (Savada / Hillis / Heller/ Hacker, 2019, S. 1416).

Vom Frontallappen werden analytische und lösungsorientierte Prozesse gesteuert. Hautsensorische Impulse werden im Parietallappen verarbeitet, im primären somatosensorischen Cortex, welcher sich hinter der Zentralfurche (Abb. 5b) befindet. D. h. es werden über den Thalamus Berührungs- und Druckinformationen empfangen. Der Thalamus (s. Abb. 6), welcher ein Teil des Zwischenhirn ist, steuert allgemein aufsteigende Informationen im Cortex (Savada et al., 2019, S. 1418–1419) und spielt eine wesentliche Rolle bei der sensorischen Wahrnehmung, welche im Zusammenhang mit *crossmodal correspondences* (CMC) und der Synästhesie relevant sein könnte. Diesbezüglich vermuten L. Jacobs (1981) und Harrison (2007), dass der so

genannte Kniehöcker oder *Nucleus geniculatus lateralis* im Thalamus unter Umständen (z. B. im Zusammenhang mit einer Gehirnverletzung) ein „Durchsickern“ von Informationen zwischen den Gehirnarealen mit zahlreichen anatomisch eng beieinander liegenden visuellen und auditiven Nervenbahnen verursachen könnte. Mehr dazu im Kapitel Synästhesie (Harrison, 2007, S. 202).

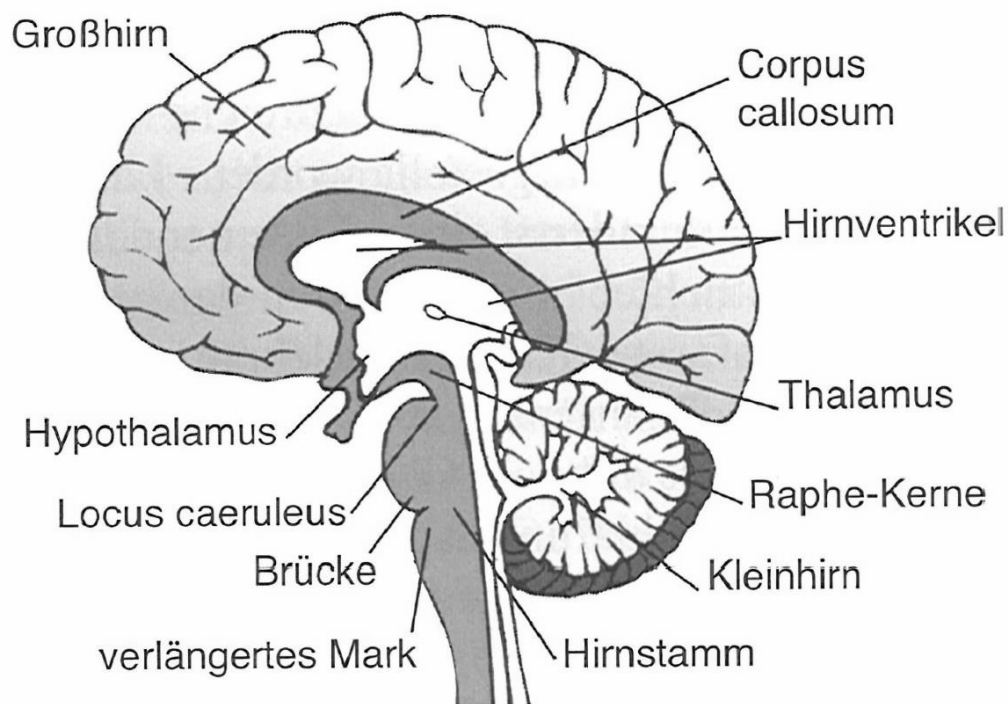


Abb. 6: Querschnitt des menschlichen Gehirns (Harrison, 2007, S. 199).

Visuelle Reize, sowie die Farbverarbeitung, passieren im Okzipitallappen im Unterschied zu den akustischen Stimuli und der Emotionsregulation, wofür der Temporallappen zuständig ist. Da die akustische Verarbeitung musikalischer Reize für diese Arbeit von Bedeutung ist, soll an dieser Stelle kurz erwähnt werden, dass Unterschiede in der Aktivierung beider Hemisphären bei der akustischen Verarbeitung von Musik wissenschaftlich belegt sind: Je nachdem ob der/die RezipientIn ein Laie ist (und somit die Musik ganzheitlich und v. a. emotional wahrnimmt) oder ob er/sie sich professionell (und somit auch analytisch) damit beschäftigt,

wird im ersten Fall die vorwiegend rechte Hälfte vom Temporallappen angesprochen und mit zweiten Fall vorwiegend die linke (Schellberg, 1998, S. 95).

Bei jeder Wahrnehmung laufen aber auch verschiedene Auswahlprozesse ab, sodass der Wahrnehmungs-Fokus immer auf andere Aspekte/Merkmale fällt, deshalb widmet sich die Wahrnehmungspsychologie dem Prozess der Verarbeitung der Reize im entsprechenden Sinn und dem, wie Menschen auf die Stimuli reagieren bzw. wie Menschen als Reaktion darauf handeln (Ansorge / Leder, 2011, S. 139). Ob und wie man das Wahrgenommene versteht hängt nicht nur von den Sinnesorganen und ihren anatomischen Merkmalen und Fähigkeiten ab, sondern auch von dem Wissen und den Erfahrungen des Rezipienten (ebenda, S. 119–120).

#### **2.1.4. Der Wahrnehmungsprozess (in sieben Schritten) und seine Besonderheiten**

Die Wahrnehmung ist also als ein komplexer Prozess zu betrachten (nach Goldstein aus sieben Schritten bestehend), bei dem man in Kontakt mit seiner Umgebung tritt, auf die Reize dieser in Verbindung mit seinem verfügbaren Wissen reagiert und handelt bzw. sich gegen eine Handlung *entscheidet* (Goldstein, 2023, S. 6–7). Dieser Prozess gilt als allgemein gültig unabhängig davon durch welche/n Sinn/e der Stimulus aufgenommen wird und ist schematisch vereinfacht folgend dargestellt:

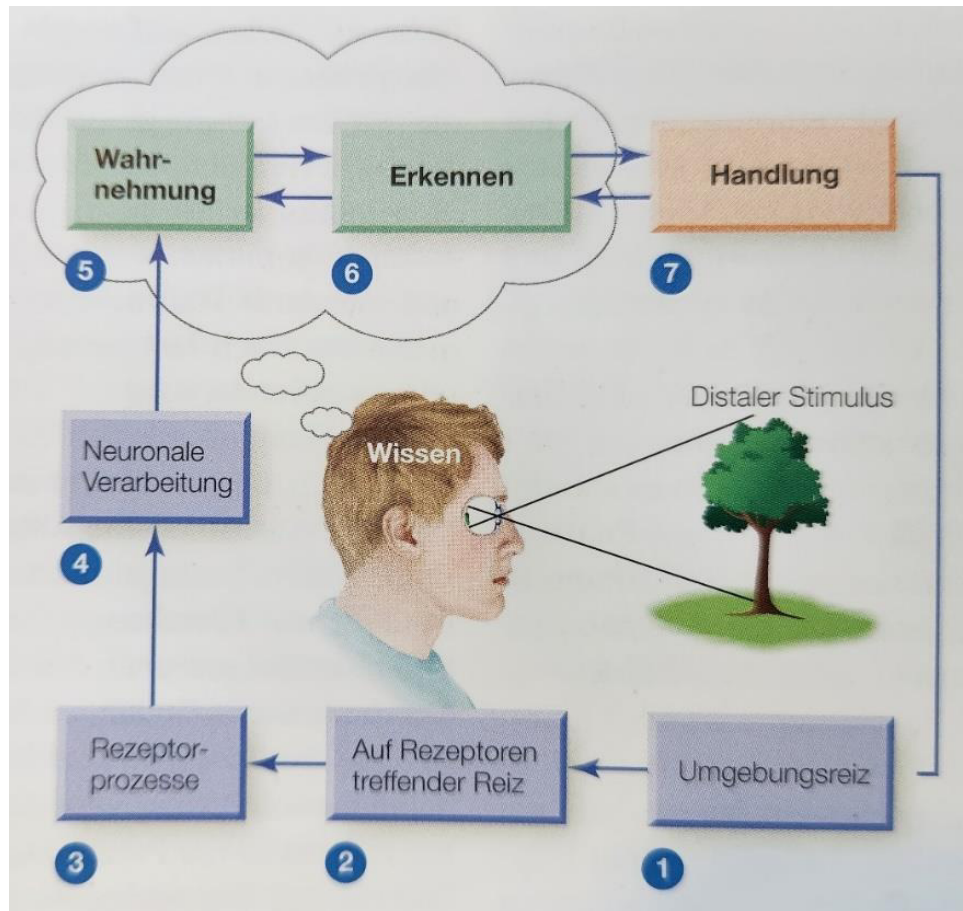


Abb. 7: Ablauf des Wahrnehmungsprozesses eines Objekts bei einem visuellen Reiz (Goldstein, 2023, S. 6).

Im ersten Schritt wird man mit einem äußerlichen Reiz (mit einem distalen Stimulus), in diesem Fall mit einem Baum, konfrontiert. Im zweiten Schritt wird dieser durch das Licht über das Auge rezipiert und zu einem proximalen Stimulus transformiert – der Baum im Auge des Betrachters, das Baumbild auf den Rezeptoren d. h. auf der Netzhaut des Auges (auf der Retina). Außerdem könnte es z. B. gleichzeitig vorkommen, dass die durch den Wind in Bewegung gesetzten Blätter ins Rascheln geraten und dass sich die Wahrnehmung gleichzeitig auf ein weiteres Sinnesorgan ausweitet – in diesem Fall auf das Ohr. Durch die entstandene Schwankung des Schalldrucks gelangt der Reiz zu den Hörrezeptoren. Da die Wahrnehmungsprozesse somit komplexer werden, beschränkt sich die folgende Erläuterung auf das Beispiel mit dem betrachteten Baum.

Im dritten Schritt folgt die Verarbeitung des Stimulus über die visuellen Rezeptoren im Gehirn auf zwei Ebenen – einerseits wird die verfügbare Lichtenergie zu elektrischer Energie, andererseits bestimmen die Rezeptoren die Reaktion auf den Stimulus. Im vierten Schritt geschieht die tatsächliche neuronale Verarbeitung, welche das Zusammenspiel der elektrischen Signale umfasst, die sich in den Netzwerken von Neuronen bewegen. Die Signale werden nicht nur von der Netzhaut an das Gehirn, sondern auch innerhalb des Gehirns an den primär dafür zuständigen Kortexbereich weitergeleitet. Dabei werden diese auch verarbeitet – manche werden gehemmt, andere verstärkt (Goldstein, 2023, S. 8–9).

So erzeugt der ganze Prozess in seinen letzten drei Schritten eine Art „Verhaltensreaktionskette“ von Wahrnehmung, Erkennen und Handlung, welche nicht unbedingt nacheinander, sondern auch gleichzeitig stattfinden können (hier dargestellt durch die entgegen gerichteten Pfeile). Auf der Abbildung fällt die Verbindung vom ersten (der Reizkonfrontation) und letzten Schritt (der Handlung) auf. Nach dem ganzen Wahrnehmungsprozess, der zu einer Handlung geführt hat, wird die Sicht des Beobachters verändert, deshalb betrachtet ihn Goldstein als ein *Kreislaufprozess*. Die einzelnen Sinne arbeiten selten isoliert. Bei diesen s. g. *multisensorischen* Interaktionen (Goldstein, 2023, S. 359) dominiert häufig einer der Sinne und beeinflusst dadurch die Wahrnehmung. Als Beispiel kann das oft auftretende Zusammenspiel des Geruchs- und Geschmackssinns erwähnt werden. Bei dieser intermodalen Wahrnehmung werden beide Sinne miteinander verknüpft. Dadurch dass der Geruchssinn stark über den Geschmackssinn dominiert, kommt es dazu, dass man manchmal ohne zu riechen gar nicht schmecken kann (Ansorge / Leder, 2011, S. 136). Ansorge und Leder sehen in diesem Zusammenhang die Erklärung des intermodalen Wahrnehmungsprozesses als Herausforderung und sprechen das „Bindig-Problem“ an: Der aus dem Englischen stammende Begriff bezieht sich auf das Zusammenfügen mehrerer Sinnesempfindungen. Ansorge und Leder zufolge ist nicht eindeutig zu definieren, wie die mitempfundenen Reize in den unterschiedlichen Modalitäten (Gehirnarealen) zusammen verarbeitet und danach wahrgenommen werden (ebenda, S. 135).

Auf Abb. Nr. 8 sind die Gehirnareale des Kortex abgebildet, worin sich visuelle und auditive Antworten überschneiden:

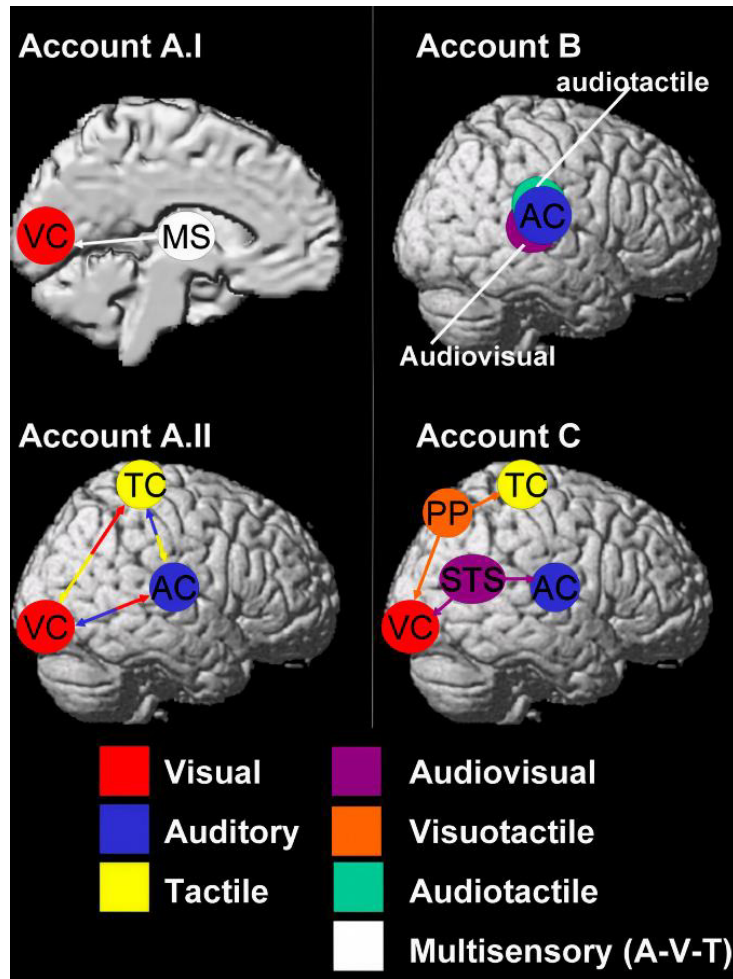


Abb. 8: Gehirnareale und multisensorische Wahrnehmung (Driver / Noesselt, 2008, S. 25).

Aus der Abbildung werden ersichtlich, welche Verknüpfungen bei visueller und auditiver Verarbeitung, subkortikal oder auf thalamischer Ebene entstehen (A). Wie schon erwähnt beeinflusst der Thalamus den visuellen Kortex (VC) und in weiterer Folge über die kortikalen Verbindungen direkt zwischen dem auditorischen Kortex (AC, blau), visuellem Kortex (VC, rot) und somatosensorischem oder taktilem Kortex (TC, gelb) – auch die multisensorische Wahrnehmung. Die nahe Lokalisierung dieser Bereiche ist in (B) dargestellt. Das u. a. auch Rückkopplungsverbindungen von übergeordneten multisensorischen Regionen zurück zu untergeordneten Bereichen bestehen können, wird aus (C) deutlich. Auditive und visuelle Modalitäten im posterioren STS (*superior temporal sulcus*, welcher auf der lateralen Seite des Temporallappens lokalisiert ist, violett) können miteinander interagieren und

Rückkopplungsprojektionen an beide Modalitäten senden. Weitere Studien hätten die Aufgabe herauszufinden, ob diese in Wirklichkeit alle nebeneinander bestehen können, so Driver und Noesselt (2008, S. 25)

In der (musik)pädagogischen Arbeit mit Kindern ist das Zusammenspiel aller Sinne essentiell, soll deshalb immer bei der Wissensvermittlung berücksichtigt werden, damit der Lernstoff dauerhaft, leicht, verständlich, spielerisch und schnell verinnerlicht wird. Im musikalischen Kontext, bei der Wahrnehmung und Beurteilung von akustischen Parametern wie Lautstärke, Tonhöhe, Tempo, Klangfarbe spielt die Entwicklung der kindlichen Sinnesorgane sowie der jeweilige kognitive und motorische Entwicklungsstadium des Kindes eine entscheidende Rolle. Man kann also davon ausgehen, dass der gleiche Reiz (z. B. ein vorgespielter Ton) zu unterschiedlichen Zeitpunkten vom gleichen Kind anders rezipiert wird und dass darauf eine andere Handlung folgt.

Nehme man die Klangfarbe als Beispiel. Der Begriff wird von Helmholtz 1877 in seiner „Lehre von den Tonempfindungen“ ausführlich behandelt. Ihm zufolge haben Klänge mit gleicher Klangfarbe die gleichen Kombinationen von Partialtönen, also Schwingungen der Obertöne. In den unterschiedlichen Klängen sind unterschiedliche Teiltöne mit unterschiedlicher Stärke miteinander verbunden (Helmholtz, 1877, S. 113–114). Stumpf fügt 1890 im Band 2 seiner „Tonpsychologie“ zu Helmholtz’s Beschreibung den phänomenologischen Ausdruck hinzu, dass die Klangfarbe **das Unterscheidende der Instrumente** ist. (Stumpf, 1890, S. 516).

Laut Schellberg müsste man die spezifische Instrumentenfarbe auf zwei Ebenen betrachten – auf der akustischen bzw. auf der tonpsychologischen (Schellberg, 1998, S. 5). Die Klangfarbe (das Timbre) wird auf der akustischen Ebene wie auch bei Helmholtz und Stumpf als Kennzeichen erklärt, das die verschiedenen Instrumentenklänge (bzw. die unterschiedlichen Stimmen) voneinander unterscheidet. Bei der tonpsychologischen Wahrnehmung (nach Stumpf) geht es v. a. um das subjektive, individuelle Erleben des Klanges, welches zusätzliche Klangqualitäten oder Klangeigenschaften dem Ton wie z. B. Rauheit, Wärme, Glanz etc. zuschreibt (ebenda). Näheres zur kindlichen Wahrnehmung im musikpädagogischen Kontext wird im Kapitel Synästhesie und auch Experimentkapitel erläutert.

Diese vereinfachte Beschreibung des Wahrnehmungsprozesses soll zur Übersicht dienen. Schließlich muss auch erwähnt werden, dass, obwohl dieser Prozess (je nach Situation) alle Sinne gleichermaßen betrifft, von Sinn zu Sinn signifikante Unterschiede in der Geschwindigkeit der Reizverarbeitung und somit auch in der Reaktionszeit belegt sind. Schon 1986 messen und vergleichen Welch und Warren die Reaktionszeit bei visuellen und akustischen Reizen und stellen fest, dass man weniger Zeit braucht, um einen auditiven Reiz zu verarbeiten (110-130 Millisekunden) im Unterschied zum visuellen Stimulus (150-180 Millisekunden): (Welch / Warren, 1986, S. 638 f.). Aus dem bisher Ausgelegten könnte man die unterschiedliche Reaktionszeit als von vielen Faktoren abhängig erklären. Einerseits könnten die Umstände aus der Umgebung die Wahrnehmung und die Verarbeitungsgeschwindigkeit eines Reizes beeinflussen – z. B. die Nähe/die Distanz zum Stimulus oder z. B. seine Lautstärke. Andererseits könnten auch persönliche Faktoren wie der gesundheitliche Zustand des Rezipienten, seine momentane Tagesverfassung und/oder auch Vorerfahrungen, Vorlieben und Abneigungen die Reaktionszeit eine entscheidende Rolle spielen. All diese werden im Laufe der Arbeit thematisiert und im Experiment-Kapitel im Kontext des Experiments näher betrachtet. In diesem Zusammenhang sollte auch einige Besonderheiten in der kindlichen Wahrnehmung erläutert werden.

## **2.2. Entwicklung und kindliche Wahrnehmung audio-visueller Reize, sowie angestrebtes Wissen bei Kindern (zwischen 4-6 J.)**

Im Kontext der audio-visuellen crossmodal correspondences (*CMC*) bei Kindern zwischen 4-6 Jahren ist es wichtig, essenzielle wissenschaftliche Erkenntnisse zu kennen und sich auf diese Weise auf die zu erwartenden Ergebnisse vorzubereiten. Wenn man die sensorische Wahrnehmung, die motorischen und kognitiven Fähigkeiten von Kindern im Zusammenhang mit der Ton- und Farbwahrnehmung untersuchen und später ein Wahrnehmungsexperiment durchführen möchte, sollte man sich auf jeden Fall mit der Entwicklungspsychologie auseinandersetzen. Kenntnisse über die Altersgruppe und über die damit im Zusammenhang stehenden psychischen und physischen Entwicklung (mit ihren *Stärken* und *Schwächen*) sowie über die Besonderheiten im Verhalten und der Kommunikation (soziale Entwicklung) begünstigen eine sinnvolle Hypothesenaufstellung, welche wissenschaftlich überprüft werden kann.

### 2.2.1. Kindliche Entwicklung und ihre Typen

Als *Entwicklung* definiert man „relativ überdauernde und aufeinander bezogene intraindividuelle Veränderungen des Erlebens und Verhaltens über die Zeit hinweg“ (Lohaus / Vierhaus, 2018, S. 4), wobei abrupt auftretende Befindlichkeitsänderungen hier ausgeschlossen werden. Zum entwicklungspsychologischen Forschungsgegenstand gehören also die **intraindividuellen** Veränderungen des Erlebens und Verhaltens einer Person und auch die **interindividuellen** Unterschiede zwischen der intraindividuellen Veränderungen mehrerer Personen. Die Beschreibung und Erklärung dieser Veränderungen gehören zur Aufgabe der Entwicklungspsychologie (Lohaus / Vierhaus, 2018, S. 5). Ein bedeutender Entwicklungspsychologe ist Jean Piaget, der mit seinem 4-Stufenmodell der kontinuierlichen auf verschiedenen Ebenen organisierten kognitiven Entwicklung eine solide Basis für die weitere Forschung legt (Saravanan / Murphy, 2023, S. 2–3). Die vier Etappen sind folgende: sensomotorische Phase (0-2 J.); vor-operatorisches Denken (2-6 J.) – symbolisch (2-4 J.) und anschaulich (4-6 J.); konkrete Operationsphase (2-7 J.); formale Operationsphase (ab 11 J.). Eine vertiefende Auseinandersetzung mit dem anschaulichen operativen Denken wird im Zusammenhang mit dem Experiment behandelt.

Die neurologischen Entwicklungsprozesse durchlaufen keine ständige aktive Phase des Lernens und somit der Erweiterung der kognitiven Fähigkeiten, sondern wechseln sich mit *passive Übungsetappen* ab. Somit wird das *Festigen* des schon durch Erfahrung Gelerntem auch zum Teil des Prozesses (Krampen, 2008, S. 85). In diesem Zusammenhang soll auch erwähnt werden, dass der Bindungsfaktor, die Verbindung zu den Erziehungsberechtigten und allen Bezugspersonen im engen Umkreis eines Kindes, entscheidend für seine Aufnahmefähigkeit, für seine motorische, soziale, kognitive etc. Entwicklung sind (Drieschner, 2011, S. 8; S. 13–14).

Außerdem hängen gerade bei jungen Kindern Entwicklung und Alter eng zusammen. Es sind Prozesse der kontinuierlichen Veränderung (z. B. des körperlichen Wachstums) leicht messbar. Die psychische Entwicklung verläuft eher diskontinuierlich (stufenförmig), es gibt zeitliche Abstände, im Laufe welcher qualitative Veränderungen stattfinden – z. B. gibt es eine signifikante Erweiterung der Kommunikationsfähigkeit durch den Spracherwerb oder die Fähigkeit sich in die Situation des anderen zu versetzen (Lohaus / Vierhaus, 2018, S. 9). Durch das Umfeld, die persönlichen Erfahrungen und die (Aus)Bildung kann Entwicklung eindeutig

gesteuert werden. Es ist wissenschaftlich belegt, dass mit zunehmendem Alter auch die Konzentrationsfähigkeit ansteigt und dass somit die mentale Lernfähigkeit von Kindern positiv beeinflusst wird (Krampen, 2008, S. 84–85). Ob diese Entwicklung größtenteils indogen oder exogen gesteuert ist, wird, so Lohaus und Vierhaus, wissenschaftlich diskutiert (2018, S. 8). Im Kontext der audio-visuellen crossmodal correspondences bei jungen Kindern könnte man hypothetisch behaupten, dass die biologische Entwicklung des Kindes die Wahrnehmungsfähigkeit eines Reizes ermöglicht, deshalb wird diese nun thematisiert.

### **2.2.2. Erlernen musikalisches Wissens und Erwerb musikalischer motorisch-kognitiver Fähigkeiten bei Kindern im Alter von 4-6 Jahren**

Musikalische Parameter wie hoch-tief, kurz-lang und langsam-schnell und ihre Unterscheidung bilden oft den Ausgangspunkt des Elementarmusikpädagogischen Unterrichts (EMP-Unterricht). Auf Chobert (2010), sowie Kraus und Chandrasekaran (2011, S. 599–601; 603) beruhend berichtet auch Goldstein (2023, S. 369) darüber, dass Musikerziehung allgemein mit besseren Leistungen, verbesserter Sprachfähigkeit und größerer Sensibilität für zeitliche Koordination verbunden ist – im Vergleich zu Kindern im gleichen Alter, die keinen (EMP-)Musikunterricht besuchen. Der Puls begleitet einem Fötus noch schon vor der Geburt – er „kennt“ den Herzschlagrhythmus seiner Mutter. Nach der Geburt lässt sich das Neugeborene vom vertrauten Herzschlagrhythmus beruhigen, wenn dieser ihm vorgespielt wird (Geuter, 2003, S. 20–26).

Die Beschäftigung mit Rhythmus, Metrum und Tempo ist dieser Tatsache zufolge bedeutend für die Entwicklung. Sie wird schon bei den jüngsten Kindern im Mutter-Kind-Musikkurs (unter 3 J.) gefördert – und zwar über das Einstudieren von kurzen Versen in Reimform, die überdeutlich artikuliert und mit melodischer Bewegung der Stimme schauspielerisch vorgelesen werden. Die Rolle der Eltern ist dabei nicht zu unterschätzen. Später gehören zu den Fähigkeiten 3-4-jähriger Kinder die grobe Unterscheidung von langsam und schnell (Young, 1982, S. 128; S.131) und das Erkennen von heiterem und traurigem Ausdruck aufgrund von unterschiedlichem Tempo (Trehub et. al., 1985, S. 289; 1989 S. 19; 1993, S. 285–286). Moog berichtet, dass ab dem Alter von 4 Jahren bei den Kindern in improvisierten Liedern aufgrund vom Sprachrhythmus teilweise 3 oder 4 unterschiedliche Tonlängen auftreten (Moog, 1968, S. 100).

In diesem Alter kann ein Kind zwei Schläge mit Rhythmusstäben zu einem laufenden Musikstück synchronisieren, jedoch noch nicht zu einem gegebenen Rhythmus in einer kleinen Gruppe von Kindern mitmarschieren (Shuter, 1968, S.74–75; Davidson / Colley, 1987, S. 109). Mit der kognitiven Repräsentation von Rhythmus (kurz-lang) kann man auch früh beginnen. Diese ist nach Upitis und Bamberger zuerst ikonisch (ab 4 Jahren geeignet), dann prä-figural (die Anzahl der Elemente wird gezählt, ab 5-6 Jahren), mit fortschreitendem Alter figural (größere metrische Einheiten werden länger gezeichnet) und ab 7-8 Jahren – schließlich metrisch (mehrere kleinere Einheiten nehmen gleich viel Platz weg wie eine große Einheit; "true metric"= in große Einheiten werden mehrere kleinere Einheiten zusammengefasst) (Upitis 1987, S. 45; S.49; Bamberger, 1991, S. 47–48; Bruhn, 2000, S. 237; 2005, S. 108 ff;).

Im Alter von 3-4 Jahren nimmt unter anderem das selbständige Singen immer mehr zu. Es „passiert“ laut meiner Unterrichtspraxis meistens Situations-bezogen, d. h. ein spontanes Ereignis ruft ein Lied in Erinnerung, welches vom Kind spontan gesungen wird. Kinder erfinden in diesem Alter auch gerne ihre eigenen Stücke. Kurze Spontangesänge werden nach und nach durch ganze Lieder im Ablauf mit allen Strophen ersetzt, wobei der Melodieverlauf klarer und die Intervallstrukturen deutlicher werden. Jedoch fehlt noch das feste Tonarts- und Tonalitätsgefühl (Gembris, 2005, S. 414).

Die differenzierte Wahrnehmung und Zuordnung von Klängen zu unterschiedlichen Instrumentenfamilien in diesem Alter wird auch wissenschaftlich belegt (Pick et al. 1994, S. 371–372; Pick / Palmer 1993, S. 207). Ab 4-5 Jahren wächst das Liedrepertoire und es sind bei den erlernten Liedern Metrum, Tonart, Intervalle immer sicherer und klarer erkennbar (Gembris, 2005, S. 428–429).

Obwohl das Erkennen und Zuordnen von Klängen innerhalb einer Instrumentenfamilie sowie das Heraushören von verschiedenen Instrumenten aus dem Orchesterzusammenhang erst ab 5-6 Jahren stattfindet (Pick et al. 1994, S. 359; Schellberg, 1998, S. 118 ff.), wäre es pädagogisch sinnvoll, sich schon früher damit auseinanderzusetzen und den Prozess zu unterstützen, um die Sinne (v. a. das Ohr) zu schulen, die Konzentration zu fördern, die Wirkung vom musikalischen Ausdruck allgemein und die Wirkung des Zusammenspiels im Ensemble zu besprechen etc... Man nehme z. B. ein musikalisches Werk für ein Soloinstrument mit Begleitung eines

anderen Instruments („Der Schwan“ aus *Karnevall der Tiere* von C. Saint-Saëns oder „Der Vogel“ aus *Peter und der Wolf* von S. Prokofjiev u. a.), koppelte dieses mit einem Kind-relevantem Thema (z. B. Tiere und ihre Bewegungen/Geräusche) und gäbe den Kindern eine überschaubare Höraufgabe dazu – mit körperlichen Bewegungen zu zeigen, wann das Tier *erklingt* und wie das Tier sich bewegt. Instrumenten bezogene Informationen zum Bau, der Geschichte und der klanglichen Besonderheiten können mit außermusikalischem Wissen über das jeweilige Tier erweitert und vertieft werden.

Schellberg spricht die Komplexität der kindlichen Klangfarbenwahrnehmung u. a. auf Gibson und Miller beruhend an (Schellberg, 1998, S. 29). Laut Miller handelt es sich bei diesem Prozess um einen kognitiven Verarbeitungsprozess, bei welchem die durch den Stimulus wahrgenommene Information mental verarbeitet wird und Schlussfolgerungen gezogen werden (Miller, 1993, S. 319–320). Gibson zufolge liefert dem Kind ein Stimulus unmittelbar nicht eine, sondern viele an Raum und Zeit gebundene und zusammenhängende Informationen, welche dann kontextgebunden verarbeitet werden (Gibson, 1983, S. 336; Schellberg, 1998, S. 29). Von Gibson wird bestätigt, dass die Wahrnehmung mit der fortschreitenden Entwicklung immer exakter wird und auch eine bessere Aufmerksamkeit bedeutet (Gibson, 1988, S. 5; Schellberg, 1998, S. 30–31;). Das s. g. Explorationsverhalten prägt die Kinder in ihrer Entwicklung und beeinflusst die Art und Weise der Kontaktaufnahme mit der Umwelt (Gibson; 1988, S. 7; S.10). Je nach Stimulus variiert die Sinnesreaktion – harte Objekte werden von der Hand fester ertastet, weiche Gegenstände im Mund intensiver „bekaut“(ebenda, S. 11). Im Laufe der Zeit beginnen Kinder das Wahrgenommene effizienter zu sortieren, Beziehungen herzustellen und zusammenhängend zu ordnen. Schellberg geht davon aus, dass die Klangquelle alle Informationen zur Verfügung stellt und, dass Kinder mit der Zeit ihre Sinne schulen, um den eigenen Fokus auf etwas Bestimmtes zu richten. (Schellberg, 1998, S. 33). Miller zufolge finden beim Kind eine intuitive analytische Arbeit statt. Im Laufe des Prozesses entscheidet das Kind selbst, wann genug Informationen gesammelt worden sind und verarbeitet werden sollen, um ein Ziel zu erreichen (Miller, 1993, S. 330; Schellberg, 1998, S. 30–31).

Mit 5-6 Jahren kommt ein Stimmumfang von bis zu einer Oktave vor, die Lieder werden gut reproduzierbar, haben eine klare Struktur, ein stabiles tonales Zentrum und meist ein festes Metrum, jedoch wechselt das Kind beim Singen in weit entfernte Tonarten (Gembris, 2005, S.

429–430). Meiner persönlichen Lehrerfahrung zufolge haben die meisten Kinder eine hohe, leise und etwas luftige Singstimme, wenn sie *alleine* vorsingen. Meistens singen sie laut und selbstbewusst erst in der Gruppe, seltener treten Kinder von sich einzeln auf mit einer lauten Stimme und intonieren dabei sauber. In diesem Alter sind Kinder imstande Halbtonunterschiede innerhalb eines musikalischen Kontextes (Baron-Cohen et al. 1989, S. 19–20) zu erkennen und sie können beim Singen die Tonart “halten” (Bartlett / Dowling, 1980, S. 511–512; Dowling 1982, S. 17ff; Ramsey, 1983, S. 138). Hargreaves berichtet über Anzeichen für die Bildung einer musikalischen Präferenz für die Konsonanz im Gegensatz zur Dissonanz sowie für Tonalität statt Atonalität (Hargreaves, 1987, S. 91)

### 2.3. Schlussfolgerungen/Zusammenfassung

Aus dem hier ausgelegten Exkurs hat sich bisher herausgestellt, dass die Wahrnehmung ein komplexer, mehrstufiger und subjektiver Prozess ist, der sich im Gehirn abspielt und selten nur einen der Sinne anspricht. Mithilfe dieses Prozesses kommt man in Kontakt mit der Umgebung, nimmt von ihr Reize wahr, worauf Reaktionen und Handlungen folgen. Die einzelnen Gehirnareale sind ohne feste Grenzen miteinander eher verbunden als abgetrennt. Daraus lässt sich schließen, dass dadurch ein Informationsfluss zwischen den einzelnen Zentren ermöglicht wird, welcher die gleichzeitige Aktivierung mehrerer Gehirnbereiche bewirkt und unter Umständen zu multisensorischen Erlebnissen führen könnte. Da sich die Wege der Nervenbahnen von den Sinnesorganen Ohr und Auge zu den Gehirnarealen, welche die Reize bearbeiten, im limbischen System überkreuzen, könnte man damit die Entwicklung der multisensorischen Wahrnehmung erklären. In diesem Zusammenhang sollen auch die Besonderheiten bei Kindern thematisiert werden. Von Kindern im Alter von 4-6 Jahren ist es zu erwarten, dass die grundlegenden Entwicklungsprozesse auf einem genügenden Level abgeschlossen sind und dass die potentiellen TeilnehmerInnen über soziale und sprachliche Kompetenzen für die Durchführung eines Pilotexperiments zur Klang-Farbe-Wahrnehmung verfügen. So bildet sich die Basis zur weiteren Betrachtung des Themas im musikalischen und musikpädagogischen Kontext. Diese verlangt aber explizit nach einer tiefgründigen Auseinandersetzung mit den crossmodal correspondences (CMC) im Folgekapitel und in weiterer Folge auch mit dem Thema Synästhesie.

### 3. Crossmodal Correspondences

#### 3.1. Definitionen

Bei *Crossmodal correspondences (CMC)* handelt es sich allgemein um konstante sinnesübergreifende Entsprechungen oder Assoziationen, die bei Wahrnehmung von Reizen auftreten – z. B. klangliche Helligkeit. Laut Parise (2015) stellen die CMC ein universelles Merkmal der multisensorischen Wahrnehmung dar, indem sie zwischen scheinbar unverbundenen sensorischen Merkmalen aus verschiedenen Sinnesmodalitäten Verbindungen herstellen (Parise, 2015, S. 1). Diese Verbindungen äußern sich meist in der Form von Skalen oder Reihungen wie *hoch-tief; groß-klein; eckig-rund* ect.

Es wird vermutet, dass es sich um kognitiv oder intellektuell bedingte Prozesse handelt, welche die Aufmerksamkeitssteuerung über mehrere Sinnesmodalitäten modusspezifisch oder sinnesübergreifend ermöglichen (Wesselein / Frings, 2021, S. 222–223). Crossmodale Wechselwirkungen können alle Sinne betreffen und treten häufiger auf, wenn nicht nur *perzeptuelle* (audio, visuelle oder haptische), sondern auch *amodale* (z. B. die räumliche Lokalisation eines Stimulus oder seine Form bzw. Größe etc.) Reize miteinander kombiniert werden. (ebenda da, S. 223). Man unterscheidet zwischen endogener (willkürlicher) und exogener (unwillkürlicher) Aufmerksamkeitssteuerung, wobei die bisherigen Untersuchungen dazu naheliegende CMC berücksichtigen, die in einem willkürlichen Zusammenhang auftreten (Spence / Pavani / Driver, 2004, S. 150; Chica und Bartolomeo, 2012, S. 119).

Manchmal sind die Reize, welche CMC auslösen, einfach (elementar, wie die Lautstärke z. B.), in anderen Fällen sehr komplex – wie z. B. kreierte abstrakte Formen oder nonsense-Wörter. Parise erwähnt in diesem Zusammenhang auch: „in some instances, crossmodal correspondences can even involve phenomenological associations between the properties of objects (e.g., the size of a table) that are merely imagined by the participants“ (Parise, 2015, S. 4). Diese Verbindungen äußern sich meist in Form von Skalen oder Reihungen wie *hoch-tief, klein-groß, eckig-rund* etc.

Spence weist darauf hin, dass tagtäglich bei Menschen solche Verbindungen von Sinnesinformationen automatisiert werden, d. h., dass das Gehirn konsistente crossmodale

Korrespondenzen zwischen vielen Stimulus-Merkmalen in verschiedenen Sinnesmodalitäten herstellen kann (Spence, 2011, S. 971). Crossmodal correspondences werden auch definiert als *the consistent mappings between perceptual dimensions or stimuli from different sensory domains*, welche die allgemeine Bevölkerung betreffen (Pinardi et al. 2023, S. 1). Da in diesem Fall mehrere Sinne beim Wahrnehmungsprozess aktiviert werden, geht es um den Prozess der s. g. *multisensorischen Integration* (Parise / Spence, 2009, S. 1–2), welche die systematische Wahrnehmungsordnung der unterschiedlichen Sinnes-Stimuli bedeutet (Pinardi et al. 2023, S. 2).

Oft wird diese s. g. *intermodale Analogie* mit dem Begriff *kognitiver Synästhesie* übereinstimmend verwendet (Schlemmer / Hemming, 2018, S. 605–606). CMC werden als *schwächer* als das Phänomen *Synästhesie* betrachtet. Sie sind aber auch genauso von großer Variabilität betroffen (Watson / Gunther, 2017, S. 322). Näheres zur Synästhesie im Folgekapitel.

Während v.a. strukturelle und physikalische Ähnlichkeiten von Stimuli (z. B. Tonhöhe und Farbe), als Ursache für CMC angenommen werden, scheinen auch emotional motivierte Untersuchungen eine Rolle für die Aktivierung mehrerer Sinnesmodalitäten zu spielen (Spence / Di Stefano; 2021, S. 2). Das Thema wird somit einerseits für Experimentalpsychologen (wie z. B. Ch. Spence; Adeli et al., 2014; u. a.) und Neurowissenschaftler (wie z. B. Kelly McCormick; K. Sathian u. a.), andererseits auch für Musiktheoretiker (wie z. B. Eitan, 2017) forschungswert (ebenda S. 2; Pinardi et al. 2023, S.1). Spence und Di Stefano vermerken in weiterer Folge, dass das Interesse an den CMC auch bei Forschern präsent ist, die sich der Entwicklung intuitiver sensorischer *Substitutionssysteme* bzw. *Sinnesersatzsysteme* (z. B. Tools für sehbehinderte Menschen) widmen. Jedoch deuten sie an, dass es den experimentalpsychologischen Forschungsergebnissen zufolge keine eindeutige strukturelle Ähnlichkeit zwischen Entsprechung z. B. von Farbe und Tonhöhe belegt ist, welche die Wahrnehmungs- oder Gefühlsähnlichkeit begünstigen sollen (ebenda, S. 29). Noch unbestätigt bleibt auch die Frage, ob einzelne distante Stimuli (wie z. B. Helligkeit oder Rauheit) *von Natur aus* mehrere Sinnesmodalitäten ansprechen könnten, oder ob es sich in erster Linie um die schon erwähnten Bindig-Prozesse handelt, d. h. um die gleichzeitige zusammenfügende Informationsverarbeitung (Kapitel 2; Pinardi et al. 2023, S. 2).

### 3.2. Typische Bereiche der CMC

Typische Beispiele der CMC lassen sich in verschiedenen Bereichen finden. So konnte Wolfgang Köhler 1933 am bekannten Beispiel *maluma-takete* zeigen, dass weiche und runde Formen (s. Abb. 9) intuitiv mit Worten mit langen Vokalen aus sinnlosen Silben wie z. B. *maluma* verbunden werden. Im Gegensatz dazu werden spitze, kantige Formen mit dem Wort *takete* assoziiert. (Köhler 1975, S. 224–225).

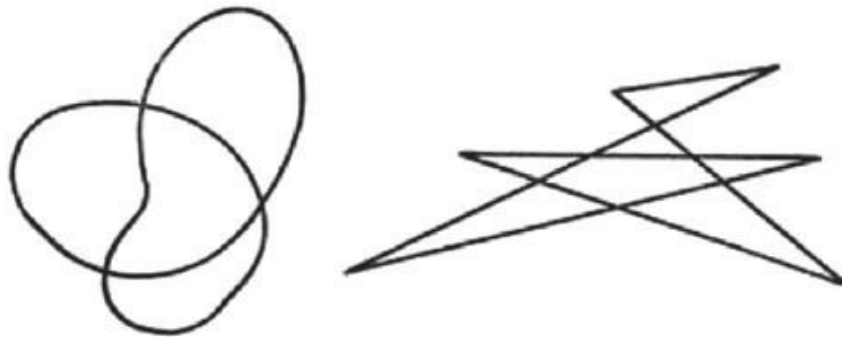


Abb. 9: Zwei abstrakte Bilder werden intuitiv den nonsense-Wörtern *maluma* (links) und *takete* (rechts) nach Köhler, 1929, zugeordnet (Köhler, 1975, S. 225; Murari et al., 2015, S. 363).

Daraus wird der *Bouba-Kiki-Effekt* formuliert. Seine Allgemeingültigkeit wurde im 20. Jh. oft in der Forschung thematisiert (Ramachandran / Hubbard 2001; Maurer, D./ Pathman, T. /Mondloch, C., 2006; Imai, M. / Kita, S. / Nagumo, M. / Okada, H. 2008; etc.) U. a. wurde diese crossmodale Verknüpfung 2011 von Bremner et al. bei dem afrikanischen Stamm Himba untersucht und es stellte sich heraus, dass runde und spitze Formen wie in der westlichen Gesellschaft den gleichen Nonsense-Wörtern zugeordnet werden (Bremner et al., 2013, S. 168). Außerdem wurden CMC von Geschmack und Wortklang überprüft. Durch die Ergebnisse wurde der Einfluss kultureller Faktoren deutlich, da die Geschmackszuordnungen der TeilnehmerInnen bei Bremner et al. unterschiedlich ausgefallen sind. Im Gegensatz zu den Versuchspersonen aus den USA, Großbritannien oder sogar Japan werden bei den Himba runde Formen mit eher bitterem Geschmack und spitze Formen mit Kohlesäurenwasser gekoppelt (Bremner et al., 2013, S. 165).

Jahre später inspirierte der *Bouba-Kiki-Effekt* auch Studien mit 3D-Formen. Z. B. untersuchen 2019 Metatla et.al. die crossmodalen Verbindungen von den oben genannten spitzen und

runden Formen mit Gerüchen und Emotionen bei Jugendlichen (Metatla et al., 2019, S. 2). Spitze Formen und Zitronenduft werden eher mit dem Wort *kiki* assoziiert und runde Formen und Vanilleduft – mit dem Wort *bouba*. Über erregende Emotionen berichten die Versuchspersonen im Zusammenhang mit spitzen Formen und Zitronenduft, im Gegensatz zu den beruhigenden, welche dem sanften Vanilleduft und den runden Formen entsprechen (ebenda, S. 9). An dieser Stelle soll erwähnt werden, dass alle Versuchspersonen auch in Bezug auf ihr Wahrnehmungserlebnis interviewt worden sind. Die aufgezeichneten Aussagen weisen darauf hin, dass eine **crossmodale Beurteilung** auf Basis von folgenden vier Parametern passiert: *Sense of pleasantness, Personal connections, Connections to locations, Geometrical features*. Diese Studie legt nahe, dass die individuellen Erlebnisse und die Lernerfahrung einen starken Einfluss auf die Wahrnehmung und Verknüpfung von Sinneseindrücken ausüben (ebenda, S. 8). Auch wenn diese Studie nur 14 Teilnehmerinnen im Alter von 10-17 Jahren (10 Mädchen und 4 Buben) umfasst, liefert sie dennoch wichtige Ergebnisse für das Verständnis der Wahrnehmung bei Kindern allgemein, (ebenda, S. 2), welche in weiterer Folge für die Arbeit relevant sind. Außerdem wird von Metatla et al. betont, dass die Ergebnisse für die Ausarbeitung von neuen kindgerechten (Lern)Technologien (interaktive multisensorische Technologien, die z. B. Klang, Licht u. a. Stimuli kombinieren) von Nutzen sein könnten. Auf den Bedarf weiterer Forschungen auf diesem Gebiet wird expliziert hingewiesen. Es wäre vorstellbar, gezielt die Lernfähigkeit von Kindern und Jugendlichen durch den Einsatz von Düften und Formen zu fördern (ebenda, S. 9–10). Weitere Studien zu abstrakten Formen mit Kindern werden im Laufe des Kapitels genauer erörtert.

Bei der Sprache treten auch **crossmodale Illusionen** auf, z. B. wenn die gesehene Lippenbewegung missverstanden wird und mit einem anderen Laut wiedergegeben wird. Darüber, dass der Klang der Silbe „ba“ oft als „da“ wahrgenommen wird, und dass sobald die Lippenbewegung sichtbar ist, dieser zu „ga“ rezipiert wird, wird auch von Shams et. al. berichtet (2004, S. 27). Der s. g. McGurk-Effekt ist schon seit 1976 bekannt und formuliert, dass im sprachlichen Kontext die auditive Reizrezeption durch den Sehsinn beeinflusst wird (McGurk / Mac Donald, 1976, S. 748). Ergänzend werden eine solche Beeinflussung bei taktilen Stimuli sowie der *Ventriloquism effect* erwähnt, bei welchem die Quelle des auditiven Reizes auf die des visuellen Reizes übertragen wird. Daraus lässt sich schließen, dass der Sehsinn stark über andere Modalitäten *bestimmen* kann und dass der Mensch ein primär visuell-dominiertes Wesen ist (Shams

et al., S. 27). Beispiele dafür, dass Ton und Klang die zeitlichen und nicht zeitlichen Aspekte des Sehens steuern können, werden im Laufe des Kapitels im musikalischen Kontext näher betrachtet.

Bilder als Inspirationsquelle bzw. als Assoziation-Impuls werden im Alltag in sämtlichen Bereichen genutzt. Einer davon ist eine relativ neue Wissenschaft, nämlich die **Gastrophysik**, welche sich damit auseinandersetzt, welche Faktoren außerhalb des Geschmacks eines Gerichts seine Rezeption beeinflussen (Spence, 2018, S. 8). Spence zufolge spielen intermodale Korrespondenzen in diesem Zusammenhang eine entscheidende Rolle, sodass „the pleasures of the table reside far more in the mind than we realize and perhaps even more in the mind than in the mouth...“ (ebenda, S. 8). Da es sich bei Lebensmitteln um ein wechselseitiges Zusammenspiel sensorischer Reize handelt – von Aussehen, Klang, Textur, Geruch, Geschmack etc., sind nicht nur Köche und Marketingexperten gefragt, sondern auch Sinnespsychologen, damit ein gewöhnliches Essen zu einem multisensorischen Erlebnis gestalten werden kann, so Spence. Nicht zu unterschätzen sind auch die Atmosphäre und die Präsentation des Gerichts.

Spence et al. führen einige wissenschaftlichen Experimente im gastrophysischen Kontext durch (z. B. zur Anordnung der einzelnen Gerichts-Komponenten auf dem Teller oder zur Form/zum Gewicht des Bestecks), wobei Kunstwerke (z. B. von Kandynski) zur Orientierung herangezogen werden. Spence stellt fest, dass bei den Gästen, welche einen „schön präsentierten“ Teller bekamen, die *künstlerische* Präsentation ein *erfüllendes* Erlebnis bewirkt, im Unterschied zum Empfinden der Gäste, welche eine „weniger ansprechende“ Präsentation des Gerichts zum Verkosten bekamen (ebenda S. 8). Durch die vielen Farben, der Positionierung der einzelnen Komponenten sind diese schon vor der Konsumation bereit, mehr fürs Gericht zu bezahlen. Die Geschmacksbeurteilung im Nachhinein wurde dadurch auch positiv beeinflusst.

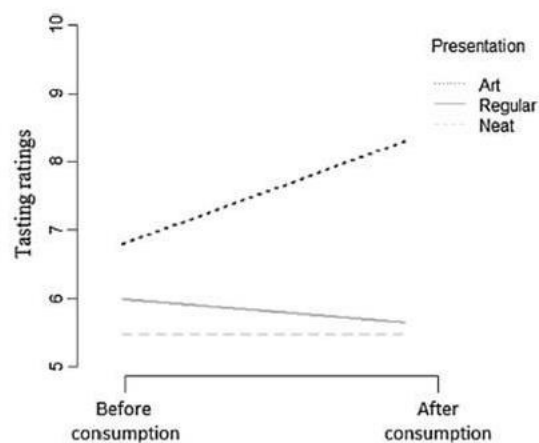


Abb. 10: Die Auswirkung der Anordnung der kulinarischen Elemente eines Gerichts in einer von der Kunst inspirierten Weise auf die Erwartungen des Gastes und seine Erfahrung mit dem Essen (Spence, 2018, S. 3).

Crossmodale Korrespondenzen zeigen sich nicht nur zwischen **Farbe/Form/Positionierung von Lebensmitteln** und ihrem **Geschmack**, sondern auch zwischen **musikalischen Parametern** wie z. B. **Instrumentenklang/Tonhöhe** und **Geschmack** (ebenda, S. 8). CMC zwischen hohen Frequenzen und süßen bzw. tiefen Frequenzen und bitterem Geschmack sind u. a. bei Spence et al. 2010, Mesz et al. 2011, Crisinel 2010; 2012; belegt und werden in weiterer Folge berücksichtigt.

2010 führen Crisinel und Spence Studien zu CMC von Tonhöhe und Geschmack durch. Sie stellen fest, dass **tiefe Töne** bzw. die Instrumentengruppe der **Blechbläser** größtenteils mit **bitterem** oder **saurem** Geschmack assoziiert werden (Crisinel, A.-N./ Spence, Ch., 2010, S. 1993; 2000; 2001). Es wird angemerkt, dass die geschmackliche Assoziation von

Blechblasinstrumenten als weniger angenehm oder bitter u. a. durch ihre kleinere Popularität/Bekanntheit im Vergleich zu anderen Instrumenten (z. B. Klavier) bedingt sein könnte (ebenda, S. 2000). Es wird der Frage nachgegangen, wie und warum CMC beim Menschen tatsächlich entstehen. Beide ForscherInnen behaupten, dass CMC intuitiv hervorgerufen werden, damit durch die Integration mehrerer Sinne die Komplexität der Umgebungsreize im Gehirn leichter systematisiert wird. Als Beispiel wird hier die Verbindung von der Obstfarbe (welche seine Reifung zeigt) und seinem potentiellen Geschmack angeführt (ebenda, S. 2001).

Aus der eigenen **musikalischen Praxis** könnten im Zusammenhang mit einem musikalischen Werk oder mit Teilen davon oder mit einzelnen Tönen entstandenen Assoziationen angeführt werden. D. h. es sind *Bilder* notwendig, die sowohl bei den KünstlerInnen, als auch bei den ZuhörerInnen „erweckt“ werden, welche eine *emotionale* Verbindung schaffen und dadurch den musikalischen Effekt aufs Publikum verstärken können. Das Streben nach Vielschichtigkeit des musikalischen Ausdrucks u. a. durch „Ton- und Lautmalerei“ ist essenziell im Rahmen der Vorbereitung eines Werks. Je tiefgründiger die Arbeit mit dem sprachlichen und Notentext ist, desto *plastischer* und wirkungsvoller wird die Darbietung fürs Publikum. Aus diesem Grund werden Farben, Formen, abstrakte Bilder oder ganze Geschichten auf die musikalischen Phrasen übertragen, um diese möglichst *lebendig* zu gestalten.

Aus **musikpädagogischer** Sicht machen intermodale Entsprechungen von **physischen Objekten** und **akustischen Reizen (Klängen)** für die SchülerInnen akustische Parameter – *greifbar* und musikalische Phänomene oder Zusammenhänge – *verständlich*. Bemerkenswert in der Unterrichtspraxis ist es, dass sich die CMC z. B. von Klängen und Farben oft *intuitiv* und *spontan* von den Kindern zu kommen scheinen. Solche werden oft positiv und inspirierend wahrgenommen, wenn sie von der Lehrkraft „angeboten“ werden. Diese musikalisch-kognitiven Analogien können auch als Merkhilfe bei den SchülerInnen agieren und das Erlernen gewisser Inhalte erleichtern. Beim Trainieren bestimmter motorischer Abläufe könnten CMC eingesetzt werden, um diese unterhaltsam zu gestalten und das „fade Üben“ z. B. von Tonleitern weniger anstrengend zu machen.

Als pädagogisches Beispiel wäre die Klavierschule „A dozen a day“ zu nennen, welche **Maxerl-Bewegungsbilder** mit musikalischen Strukturen und **mit motorischen Abläufen der**

**Finger** koppelt, so dass diese effektiv auf die musikalische Phrase übertragen werden. Nach dem Erlernen der Übung wäre es u. a. auch denkbar, anhand der Maxerl-Bilder ein Rätselspiel zu erfinden und danach neue Musikstücke zu kreieren.

1

**Group I**  
**1. Walking and Running**



*1st time—legato (smooth, connected)*  
*2nd time—staccato (sharp, detached)*



Abb. 11: Tonleiterübung zum Bewegungsbild, in: „A dozen a day“, Buch 1, Burnam, Edna-Mae, Willis music company, S. 1.

Im Kontext dieser Arbeit wird angestrebt das Thema Crossmodal correspondences zwischen Klang und Farbe aus *musikwissenschaftlicher* Sicht zu betrachten und dieses mit den schon angesprochenen **pädagogischen** und **MusikerInnen-Perspektiven** in Verbindung zu setzen. Nach der Betrachtung des Fachbegriffs und der Erwähnung einiger Einsatzbereiche folgt nun ein kurzer historischer Forschungsüberblick. So kann der komplexe Ablauf und die Entwicklung dieser intermodalen Verknüpfungen erklärt und die Arten CMC miteinander verglichen werden. So kann in weiterer Folge ein Pilot-Experiment mit Kindern zwischen 4-6 J. in zwei Kleingruppen an der Anton-Stadler-Musikschule geplant und durchgeführt werden.

### 3.3. CMC in der Musik und in der Kunst

CMC ist ein komplexer Begriff, mit dem Zusammenhänge zwischen zwei ähnlich strukturierten Skalierungen beschrieben werden. CMC geben Ausdruck von miteinander verbundenen sensorischen Eindrücken, mit dem Ziel die Informationen leichter und schneller zu verarbeiten.

### 3.3.1 Allgemeine Korrelationen

Punktuell sollten hier folgende crossmodale „Paare“ genannt werden, welche im musikalischen und musikwissenschaftlichen Kontext allgemein und des Weiteren im Zusammenhang mit der CMC-Forschung mit Kindern relevant sind:

- **Töne und Farben** – damit ist gemeint, dass eine bestimmte Tonhöhe mit bestimmten Farben u. a. wegen der persönlichen emotionalen Reaktion darauf assoziiert werden (Spence / Di Stefano, 2022, S. 29).

Die Studie von Spence und Di Stefano 2022 setzt sich mit den natürlichen, physikalischen Übereinstimmungen von Farbe und musikalischen Tönen auseinander. Die Untersuchungsergebnisse stellen crossmodale Übereinstimmungen sowohl zwischen **Helligkeit** (brightness) und **Tonhöhe** (pitch), als auch zwischen **Farbton** (hue) und **Klangfarbe** (Timbre) fest. Es wird auf den zweifelslosen emotionalen Einfluss der farblichen Zuordnung der einzelnen Stimuli hingewiesen, unabhängig davon, ob diese einfach (einzelne Töne bzw. Farben) oder komplex (z. B. ganze musikalischen oder bildnerischen (Kunst)werke) sind (Spence / Di Stefano, S. 29);

- **Rhythmuswerte** (Tondauer) bzw. **Dynamik** (Lautstärke) und **Objekte** – (z. B. stehen in der EMP-Unterrichtspraxis große oder kleine Boxen für lange oder kurze Notenwerte bzw. für die dynamischen Angaben *forte* oder *piano*);

- In Korrelation zueinander stehen das **Helligkeitsempfinden** eines Klanges und seine **Tonhöhe** und/oder **Lautstärke** – hohe und/oder laute Töne werden eher als „hell“ assoziiert im Unterschied von tiefen und/oder leisen Tönen, die eher als „dunkel“ wahrgenommen werden (Ambros et al., 2021, S. 1076–1079);

- Eine Verbindung ist ebenso vorhanden zwischen der **Tonhöhe** eines Klanges und der **Form**, sowie der **Größe** eines Objekts – große und/oder runde Objekte werden tiefen Klängen zugeordnet im Gegensatz zu kleinen und/oder eckigen Gegenständen, welchen hohe Klänge zugeschrieben werden. Die Forschungsgeschichte zeigt, dass diese Ton-Farb-Korrelationen größtenteils auf erlernten Inhalten basieren und innerhalb außereuropäischer Kulturen jedoch anders ausfallen (Mondloch, 2004, S.134–135; Ambros et al., 2021, 1076). An dieser Stelle soll

erwähnt werden, dass die Wahrnehmungsassoziationen von **Lautstärke** und **Helligkeit** schon im frühen Kindesalter bestätigt werden (z. B. Smith / Sera, 1992). Diese Tatsache deutet eher auf eine angeborene Fähigkeit hin und ist auch bei Schimpansen nachgewiesen (Ambros et al., 2021, 1076). Wie im vorigen Kapitel genau ausgelegt, treten in der Wahrnehmung bei Kindern und Erwachsenen Unterschiede auf, welche die unterschiedlichen Reaktionen auf einzelne Stimuli erklären (S. 1076– 1079).

- Assoziative Verknüpfungen von **Instrumentenklängen** und **Farben** bzw. **Geschmack** sind in der Geschichte der CMC öfters thematisiert worden. Einige Beispiele werden im Zusammenhang der CMC bei Kindern genannt (Roth, 1951; Crisinel / Spence, 2010). Beide Studien, die zwar mit Erwachsenen Versuchspersonen arbeiten, stehen zusätzlich auch im großen zeitlichen Abstand zueinander und liefern aufschlussreiche Ergebnisse für die CMC- und Wahrnehmungsforschung im Allgemeinen.

### 3.3.2. Zwei Forschungsbeispiele

1951 setzt sich Franz Roth mit 50 erwachsenen Personen (in vier Altersgruppen aufgeteilt) auseinander, und sucht nach Zusammenhängen von Tönen, Gefühlen und Farben (Roth, 1951, S. 6 ff). Die Methodik, die durchgeführten Versuche und ihre Ergebnisse sind ausschlaggebend für die weitere Forschung im Kontext der CMC (u. a. auch mit Kindern als Versuchspersonen), da sie Tendenzen in der Farbwahl (z. B. in Korrelation mit dem Alter oder dem Geschlecht) und Korrespondenzen von Farben und Emotionen belegen, welche für die weiteren (u. a. in dieser Arbeit thematisierten) empirischen Versuche Impulse geben.

Seine Studie ist folgend aufgebaut: die Versuchspersonen sollen zu sechs (live) am Klavier vorgespielten von der Tonhöhe unterschiedlichen Tönen (nach dem europäischen System:  $A_2$ - $a^1$ ;  $Cis$ - $cis^3$ ;  $f$ - $f^4$ ) in drei Dynamikstufen ( $p$ ,  $mf$ / $pf$ ,  $f$ ) 20 verschiedene Gefühle (nach Hippus, 1936) zuordnen. Es ist hier anzumerken, dass es bei einem Live-Vorspiel der Klänge schwer sicherzustellen ist, dass alle Töne von Ton zu Ton gleich sind. Die Gefühle sind in 5 Gruppen zu jeweils vier aufgeteilt und es ist erlaubt mehrere Gefühle oder gar kein Gefühl anzugeben. Nach jeder Entscheidung kommt auf Zeichen der Versuchsperson das nächste Klangbeispiel. Hier die fünf Gruppen: **A.** Lustgefühle; **B.** Ausgeglichene Gefühle; **C.** Unlustgefühle; **D.** Gelöste Gefühle; **E.** Gespannte Gefühle. Die ersten drei und die letzten zwei weisen Ähnlichkeiten

auf und sind in zwei größeren Gruppen zusammengefasst (Roth, 1951, S. 9–11). Zu den Klangbeispielen sollen die Versuchspersonen das zutreffende Gefühl ankreuzen. Die Ankreuzungen werden grafisch übertragen und ausgewertet.

Nach den Klangexperimenten stellt Roth fest:

- Mit den höchsten Tönen korrespondieren größtenteils die Lustgefühle, mit den tiefsten – die Unlustgefühle. In der Mittellage sind die ausgeglichenen Gefühle. **Eine CMC von hoher Tonhöhe und Lustgefühl** wird somit nahegelegt (ebenda, S. 13).
- Die Lustgefühle können in 2 Untergruppen aufgeteilt werden – reine und Freudegefühle, wobei in diesem Fall die Lautstärke die Wahl beeinflusst – Freudegefühle rufen die Töne in p und reine Lustgefühle – die Töne im f auf. Die nächste wichtige Korrespondenz ist diese von lauter Dynamik und reiner Lust bzw. von leiser Dynamik und Freude. Die ausgeglichenen Gefühle entsprechen den Tönen in schwacher Lautstärke und mittlerer Tonhöhe (ebenda, S. 15).
- Die Unlustgefühle werden auch in zwei Untergruppen unterteilt – „wilder Schmerz“ und Depressionsgefühle. Die Ergebnisse deuten auf eine Korrespondenz von Schmerzgefühl in der forte-Dynamik in allen Tonlagen und von Depressionsgefühl – im piano in der tiefen Lage (ebenda, S. 20).
- Die gelösten Gefühle sind der Mittellage zugeordnet (ebenda, S. 28).

Allgemein kann man daraus schließen, dass beide Parameter – die Dynamik und die Tonhöhe, sowie ihr Zusammenspiel die Reaktion auf die Stimuli beeinflussen. Zusätzlich werden von Roth auch die Pole bewegt-wenig bewegt, schwingend-gespannt; tief-flach, froh-traurig; gerichtet -ungerichtet untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass bei einem einzelnen Ton nur durch die Tonhöhe und die Dynamik keine Gerichtetheit feststellbar ist. Roth findet heraus, dass ein Ton durch eine schwache Dynamik (bei Roth: Intensität) als wenig bewegt und schwingend unabhängig von der Tonhöhe assoziiert wird. (ebenda, S. 28).

Im zweiten Experiment ersetzt Roth nun die Gefühlsbezeichnungen durch 12 Farben (von Schindler, 1949 übernommen) und wiederholt den ersten Versuch mit den gleichen TeilnehmerInnen, welche nun die zutreffende Farbe zum Hörbeispiel ankreuzen sollten. Zur

Auswahl stehen: Gelb, Orange, Rot, Rosa, Purpur, Violett, Blau, Hellbraun, Grün, Grau, Schwarz und Braun. Aus der Anzahl der zusammengezählten und ausgewerteten Ankreuzungen im Zusammenhang mit den Tönen und Ihrer Dynamik ergeben sich die Zuordnungen der vorliegenden Tabelle:

	piano	mittelstark	forte
$f^4$	Rosa Hellblau	Gelb Hellblau	Gelb Rot
$cis^3$	Rosa Hellblau	Rosa Hellblau	Gelb Rot
$a^1$	Blau Hellblau	Blau Grün	Rot Grün
$f$	Blau Grün	Blau Rot	Rot Grün
$cis$	Violett Blau	Braun Grau	Braun Schwarz
$A_2$	Grau Schwarz	Schwarz Braun	Schwarz Violett

Tab. 2: Ton-Farb-Dynamik-Entsprechungen bei Franz Roth 1951 (Roth, 1951, S. 53).

Der Zusammenhang zwischen **Farbhelligkeit** und **Tonhöhe** sowie zwischen **Farbsättigung** und **Tonstärke** ist auffällig. Darüber hinaus kann man anhand der Tabelle beobachten, dass mit ansteigender Intensität der Rotgehalt der gewählten Farben wächst und mit absteigender Intensität – der Blaugehalt. Die Farbhelligkeit bewegt sich also proportionell der steigenden Tonhöhe mit der Ausnahme der Farbe Grau. Roth vermutet in diesem Zusammenhang einen Einfluss der Schwarzkomponente bzw. einen von tagtäglichen Assoziationen wie z. B. ein graues Regenwetter (ebenda, S. 54). Daraus lässt sich schließen, dass zwischen den verschiedenen CMC auch eine Interaktion stattfinden kann.

Allgemein lässt sich sagen, dass die von Roth gefundenen CMC (auch wenn sich diese auf eine eher kleine Versuchspersonengruppe beziehen) keine *subjektive*, aber jedoch *individuell, sozial, kulturell* etc. beeinflussbare, Wahrnehmungen sind. Diese ergeben sich aus dem

Zusammenspiel von akustischen und visuellen Stimuli, deshalb wäre es aus diesem Grund vorstellbar, CMC in vielen Bereichen einzusetzen – z. B. im wissenschaftlichen, pädagogischen, (kunst)therapeutischen etc.

2010 untersuchen z. B. A.-S. Crisinel und Ch. Spence bei 34 erwachsenen Personen die **Geschmacks-Assoziationen** von vier **Instrumentengruppen** – von Streichern, Holz- und Blechbläsern, sowie vom Klavier – bezogen auf den Referenzton C in verschiedenen Oktaven vorgespielt (Crisinel / Spence, 2010, S. 1995). Sie stellen fest, dass nicht nur die **Klangfarbe** oder **Gefühle** in crossmodaler Verbindung mit der klingenden **Tonhöhe** stehen können, sondern auch andere Parameter.

Das Experiment umfasst 2 Versuche. Am ersten nehmen 34 Personen (20 Frauen und 14 Männer im Alter von 20-37 J.) teil. Am zweiten Experiment sind 17 von diesen Personen (12 Frauen und 5 Männer) erneut beteiligt (ebenda, S. 1995).

Die TeilnehmerInnen bekommen 12 Geschmacksstimuli dem Zufallsprinzip angeordnet zweimal zum Probieren. Es handelt sich um 10 ml-Flüssigkeiten (52 an der Zahl), welche die fünf Grundgeschmacksrichtungen repräsentieren – süß, sauer, bitter, salzig und umami. Diese sollen für einige Sekunden im Mund gehalten werden, während der passende Ton ausgewählt wird. Die Tonstimuli, in vier Instrumentengruppen-Skalen aufgeteilt, stammen aus der Datenbank des University of Iowa Electronic Music Studios. Zusätzlich steigt die Tonhöhe von links nach rechts auf der jeweiligen Skala. Nachdem die Wahl durch Anklicken getroffen wurde, wurde die Geschmacksqualität als egal, angenehm oder nicht, sowie ihre Intensität auch beurteilt.

In 11,3 % der Fälle stimmen die Geschmackszuordnungen der Versuchspersonen bei beiden Wiederholungen des Hörbeispiels überein. Wenn diese Wahl zufällig getroffen worden wäre, wäre das ein unwahrscheinliches Ergebnis, so Crisinel und Spence. Daraus lässt sich schließen, dass die Versuchspersonen eine crossmodale Verbindung zwischen derselben **Tonhöhe** und demselben **Instrumententyp** mit dem dargebotenen **Geschmack/Aroma** herstellen können (ebenda, S. 1995). Wenn man die Tonhöhe in drei Gruppen *hoch – mittel – tief* zusammenfasst, kann man folgenden Zusammenhang beobachten: mit zunehmender Tonhöhe überwiegen der süße Geschmack, sowie Düfte wie Pfefferminze und Zitrone, im Gegensatz zu

Kaffee und Koffein, welche mit tiefen Tönen assoziiert werden (ebenda S. 1996). Der Geschmack in der tiefen Tonhöhengruppe unterscheidet sich signifikant von diesem in der hohen – s. Abb. 12. Es besteht auch ein potentieller Zusammenhang von **tiefer Tonhöhe** und **umami Geschmack** (ebenda, S. 2000). Die einzelnen Aromen haben einen geringen Einfluss auf die Tonhöhe.

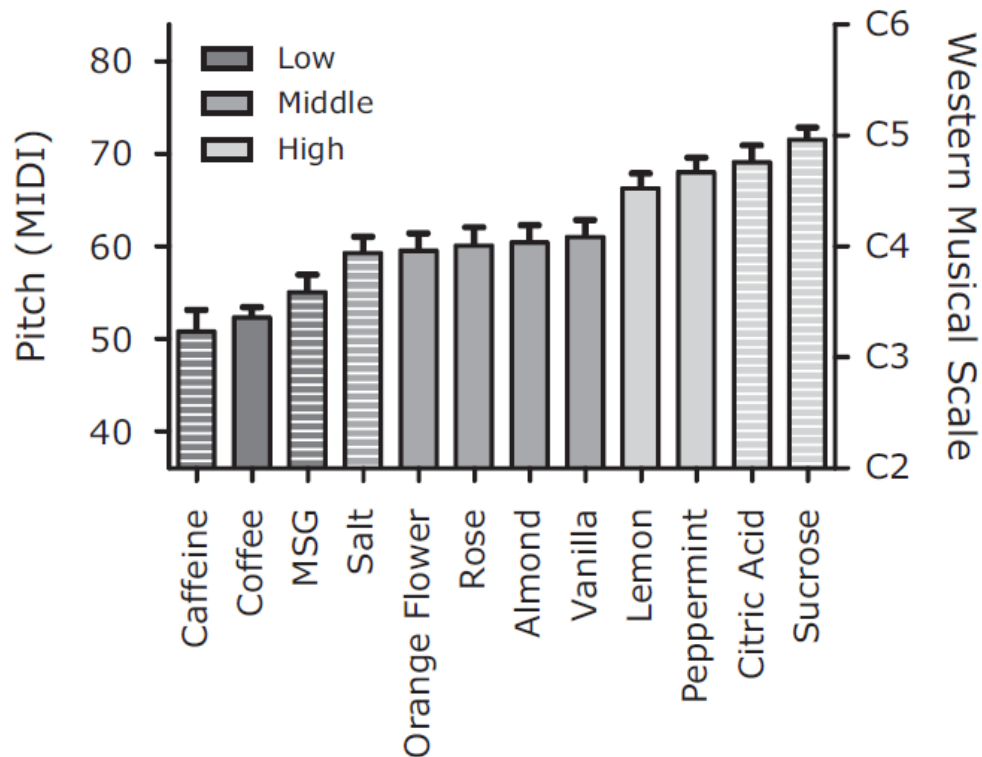


Abb. 12: Geschmack-Tonhöhe-Entsprechungen bei Crisinel und Spence (2010, S. 1996).

Wenn man sich genauer mit den Entsprechungen von Aroma/Geschmack und Instrumentenklangerfarbe auseinandersetzt, kann man auch dort CM-Beziehungen feststellen. Der Abb. 14 sind die Zuordnungen von Geschmack und Instrumentengruppe zu entnehmen:

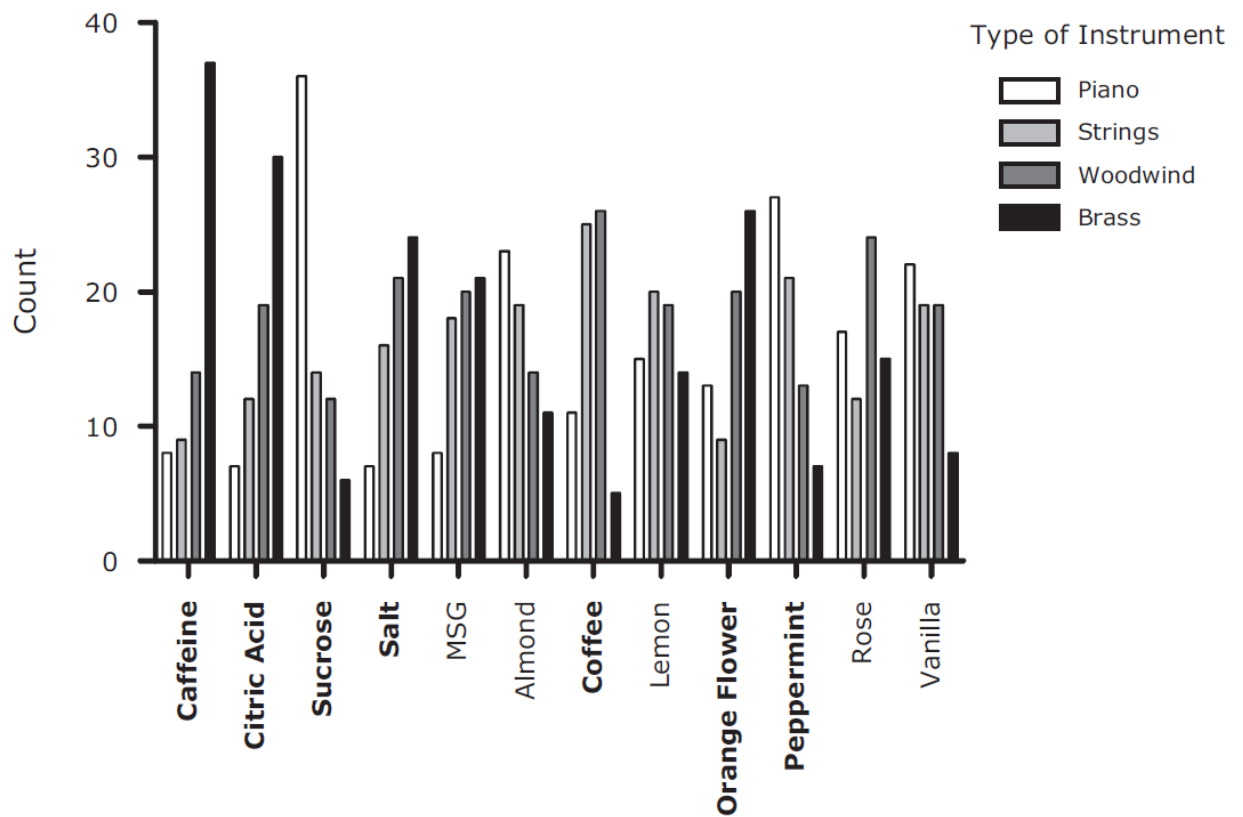


Abb. 13: Geschmack-Instrumentengruppe-Entsprechungen bei Crisinel und Spence (2010, S. 1996).

Es fällt auf, dass **Blechbläser** stark mit Koffein, Zitronensäure, Orangenblütenduft und salzigem Geschmack assoziiert werden, also mit *bitteren/sauren* vielleicht eher als *unangenehm* geltenden Geschmäckern. Der Orangenblütenduft wäre hier vielleicht als Ausnahme zu betrachten. **Klavierklänge** dagegen lösen assoziative Empfindungen mit **süßem Geschmack** und den Düften von **Vanille, Pfefferminze und Orangenblüte** aus. Wie man merkt, kommt der Orangenblütenduft bei mehreren Instrumenten, also öfters vor, d. h. man könnte ihn eventuell als vertraut/gängig einordnen. Streichertöne korrespondieren teilweise mit **Koffein- und Salzgeschmack**, sowie **Rosenduft** und **Holzbläser** teilweise mit den Aromen von **Kaffee, Rose, Orangenblüte und Vanille**. Daraus ließe sich auch die Zuordnung als angenehm-egal-unangenehm erklären. Blechbläserklänge werden oft als eher *unangenehm* empfunden im Gegensatz zum **Klavier**, welches mit eher als **angenehm** geltenden Geschmäckern oder Aromen in Verbindung gebracht wird (ebenda, S. 1997). Warum diese Bewertung zustande kommt,

könnte man unter Umständen dadurch erklären, dass bei den durchschnittlichen Versuchspersonen auch gewisse Musikinstrumente bekannt bzw. weniger bekannt sind. Gängige Geschmäcker entsprechen eher hohen Tönen (ebenda, S. 2000). Die Vertrautheit der TeilnehmerInnen mit bestimmten Instrumentenfamilien, mit konkreten Tonqualitäten und die Identifikation eines bestimmten Geschmacks können Crisinel und Spence zufolge einen *mittel starken* Einfluss auf die Wahrnehmung und der Beurteilung ausüben (ebenda, S. 1997). Die Instrumentenwahl lässt sich *mittel bis stark* auch vom Angenehm-Gefühl beeinflussen. Die subjektiv empfundene Intensität der einzelnen Geschmäcker oder Aromen spielt eine kleine Rolle bei der Zuordnung der Instrumente. Die Geschmackskomplexität hat einen *geringen* Einfluss auf die Beurteilung bei salzigem und saurem Geschmack und einen *mittel großen* bei süßem und bitteren (ebenda, S. 1998). Bei diesem Experiment handelt es sich um einzelne, isolierte Instrumententöne, welche beurteilt werden sollten. Im allgemeinen Kontext und wenn es um Strukturen wie Phrasen oder Melodien geht, sollte aber der Einfluss von sprachlich vermittelten Konstruktionen, die musikalische Eigenschaften und Geschmack verknüpfen, auch nicht vernachlässigt werden.

Aus der Studie kann der Zusammenhang zwischen zwei Dimensionen verallgemeinert werden, welche in weiterer Folge die Klangpräferenz und ihre „Beurteilung“ ausmachen. Das Zusammenspiel von Intensität und Komplexität eines **Geschmacks/Aromas** einerseits und von seiner Angenehmheit und Süße-Empfindung andererseits bestimmt die **Instrumentenklang-Wahrnehmung** (ebenda, S. 2000–2001). Es scheint, als wären diese Assoziationen kognitiv gesteuert und nicht unwillkürlich von den angebotenen Stimuli ausgelöst worden. Die durch die Sinnesverknüpfung entstandenen Verbindungen könnte man als eine Art Organisation bzw. Ordnungsmechanismus ansehen, welche die komplexe Wahrnehmungswelt um einen Menschen herum strukturiert. Um den Anfängen dieser assoziativen Verknüpfungen nachzugehen, sollte man die CMC im Kindesalter betrachten.

### 3.4. CMC bei Kindern

#### 3.4.1. Sinn und Zweck

Aus dem schon Erwähnten ist rückzuschließen, dass im Erwachsenenalter verschiedene feste Verbindungen zwischen den Sinnesmodalitäten auf Basis von Assoziationen etabliert sind. Aus diesem Grund wäre es sinnvoll, dem Ursprung nachzuforschen, im Kindesalter danach zu

suchen, um herauszufinden, wie und wann diese Verbindungen entstehen, wie sie sich entwickeln, ob sie eher angeboren oder anerzogen sind. Es ist allgemein klar, dass die Entwicklung der Sinne und ihrer Organe, der Grob- und Feinmotorik, der kognitiven und verbalen Fähigkeiten, die persönlichen Erfahrungen etc. mit zunehmendem Alter die Wahrnehmung und die Reaktion auf einen Umgebungsreiz und somit auch die CMC-Bildung beeinflussen. Es folgen hier einige chronologisch aufgelistete Forschungsbeispiele im Spezialgebiet CMC bei Kindern, welche sich mit Farben und/oder musikalischen Parametern auseinandersetzen und für die Experimentplanung im Rahmen dieser Arbeit von Bedeutung sein könnten.

### 3.4.2. Forschungsbeispiele

Eines der frühesten Forschungsbeispiele im Bereich CMC bei Kindern ist das von Simpson et al. aus dem Jahr 1956. Es wäre vielleicht auch denkbar, dass man die Versuche von Simpson et al. als an Roths anschließend betrachtet. Obwohl das Forschungsteam von Synästhesie bei Kindern im Grundschulalter (bis ca. 11 J.) spricht, wird es nach der Auseinandersetzung mit der Studie klar, dass hier mit dem Begriff *Synästhesie* eigentlich modusübergreifende Entsprechungen gemeint sind, welche zwischen den verschiedenen Sinneswahrnehmungen passieren. Aus diesem Grund werden hier die Aussagen auf den Begriff CMC bezogen formuliert. Mehrere Details zum eigentlichen Synästhesie-Phänomen sind dem Folgekapitel zu entnehmen.

Simpson et al. verwenden in ihren Experimenten bewusst einzelne Töne, damit sie die Wahrnehmung von Musik und Farbe unabhängig von musikalischen Phrasen und Stimmungen sowie unabhängig von kulturell-gebundenen Faktoren untersuchen können. (Simpson et al, 1956, S. 95). Die Studie hat zwei Hauptaufgaben:

- zu überprüfen, ob bei Kindern die reine Tonfrequenz die Farbwahl bestimmt;
- zu beurteilen, ob die Lautstärke des Hörbeispiels oder das Geschlecht der TeilnehmerInnen für die Farbpräferenz ausschlaggebend sind (ebenda, S. 96).

Die insgesamt 995 zum Experiment zugelassenen Kinder werden in vier Gruppen je nach der Schulstufe, in der sie sind, wie folgt aufgeteilt:

- 6. Klasse – 78 Buben und 93 Mädchen = 171 Personen
- 5. Klasse – 116 Buben und 140 Mädchen = 265 Personen
- 4. Klasse – 117 Buben und 132 Mädchen = 249 Personen
- 3. Klasse – 161 Buben und 158 Mädchen = 319 Personen

Die Tatsache, dass jüngere Kinder aus dem Experiment ausgeschieden sind, könnte man eventuell mit der Komplexität der Testaufgaben erklären. Die Kinder sollten für dieses Experiment mit den Anfangsbuchstaben der Farben vertraut sein. Der Ablauf ist sonst sehr klar und einfach gehalten. Alle Kinder machen einen Hörtest vor dem Experiment. Den TeilnehmerInnen werden zur Verfügung gestellt: sechs Farbkärtchen (zusätzlich mit dem ersten Buchstaben der jeweiligen Farbe versehen). Diese sind nach dem Zufallsprinzip in 25 Reihenfolgen positioniert. In acht Reihenkombinationen und zwei Lautstärken 40 dB und 50 dB werden sechs unterschiedliche Frequenzen 125 Hz, 250 Hz, 1.000 Hz, 4.000 Hz, 8.000 Hz, 12.000 Hz, vorgespielt. Die vorgelegten Farben sind: Rot, Gelb, Grün, Blau, Violett und Orange. Nach jedem Klangbeispiel sollen die Kinder auf ein Blatt Papier den Anfangsbuchstaben der für sie entsprechenden Farbe niederschreiben (ebenda, S. 97). Die Ergebnisse sind der unten vorgelegten Tabelle zu entnehmen:

PERCENTAGES OF SUBJECTS CHOOSING EACH OF SIX COLORS WITH DESIGNATED SOUND CYCLES PER SECOND STIMULATION

Sound cycles per second (two intensities combined)	Percentage of subjects selecting					
	Red	Orange	Yellow	Green	Blue	Violet
125	13	15	9	12	28	23
250	16	17	10	15	26	16
1,000	21	20	17	14	16	12
4,000	20	15	20	19	14	13
8,000	18	14	23	18	12	14
12,000	18	14	25	19	10	13
<b>Average of all frequencies</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>15</b>

Tab. 3: Frequenz-Farb-Entsprechungen bei Simpson et al. (1956, S. 98).

Die Ergebnisse zeigen mit großer Konsistenz, dass **tiefe Frequenzen** die Assoziation mit **Blau und Violett** wecken, die **mittelhohen** mit **Rot und Orange** und die **hohen** mit **Gelb und Grün**. Die Versuche von Franz Roth belegen, dass die **Farbhelligkeit** mit der **Tonhöhe** und die **Sättigung** mit der **Tonstärke** ansteigen. Bei Roth wird die absteigende Intensität

(Tonstärke) mit dem Blaugehalt widergespiegelt und die aufsteigende – mit dem Rotgehalt. Bei Simpson et al. legen die Ergebnisse nahe, dass beim kleinen Unterschied von 10 dB keine deutlichen Veränderungen bei der Farbwahl nachgewiesen werden. Als Gemeinsamkeit bei beiden Studien könnte man aber die Tatsache betrachten, dass mit ansteigender Tonhöhe hellere Farben gewählt werden. Jedoch wird auf den Faktor *individuelle Unterschiede* aufmerksam gemacht. Mögliche Gründe für diese Konsistenz könnten auch anatomisch bedingter Natur sein, bzw. das erlernte Wissen, die kulturellen Umstände und persönliche Faktoren. Die Lautstärke und das Geschlecht der Kinder scheinen Simpson et al. zufolge bei diesem Versuch keine signifikante Rolle zu spielen (ebenda, S. 99–100).

Die spontan hervorgerufene **CMC** (Assoziation) zwischen **Tonfrequenz** und **Farbe** würde laut Simpson et al. für angeborene im Gehirn vorhandene Verbindungen zwischen den visuellen und auditiven Arealen sprechen. Da aber 1956 die Seh- und Hörbahnen (noch) als anatomisch getrennt betrachtet werden, kommt dies als unwahrscheinlich vor, so Simpson. Die Variabilität der Farbwahl würde Simpson zufolge auch eher dagegensprechen. Außerdem wird es angemerkt, dass Faktoren wie die Tagesauffassung und die Laune der Kinder die Wahrnehmung stark beeinflussen können (ebenda, S. 100). Heute weiß man (wie auch im vorigen Kapitel beschrieben), dass die Seh- und Hörbahnen sich wohl im limbischen System, welches für die emotionale Verarbeitung und Beurteilung der Sinneseindrücke zuständig ist, *treffen* und dass aus diesem Grund multisensorische Erlebnisse stimuliert werden. Um die Entwicklungsetappen der kindlichen multisensorischen Wahrnehmung und der CMC kritisch zu analysieren, bräuchte man weitere Forschungsergebnisse, die man vergleichen kann, um daraus aussagekräftige Schlussfolgerungen zu ziehen. Es wäre sinnvoll auch bei Säuglingen und Kleinkindern nach crossmodalen Verbindungen zu suchen, um den Ursprung und die Art dieser besser zu definieren. Eine solche Studie ist die von Walker et al. aus dem Jahr 2010. Diese wird später im Laufe der Arbeit behandelt.

1988 richtet Robert Wagner den Fokus seiner Studien zur Psychologie und Therapie in der Musikpädagogik auf die Altersgruppe von 12-jährigen SchülerInnen. Die VersuchsteilnehmerInnen durften ein Bild zu drei vom Charakter unterschiedlichen Musikstücken (ruhig, „rebellisch-bewegt“, tänzerisch) kreieren, nachdem sie aus acht vorgegebenen Farben ihre Lieblingsfarbe genannt und all diese Farben von eins bis acht nach ihrer persönlichen Präferenz

stufenweise geordnet haben. Die Musikstücke wurden zuerst anhand eines Fragebogens mit Gefühlen wie z. B. Angst oder Freude in Verbindung gebracht, erst danach wurde frei ein abstraktes Bild mit Farben gestaltet. Das Ergebnis des Experiments zeigt, dass Farbassoziationen durch Musik ausgelöst werden können und dass diese sowohl von der Musik-Art (vom Musikgenre), als auch von der emotionalen Grundstimmung der TeilnehmerInnen abhängig sind. D. h., dass bei Jugendlichen eine **CMC** von **Musikgenre/-charakter** und dem **Farbempfinden** besteht. Die persönlichen Farb-Vorlieben spielen auch eine große Rolle bei der Wahl der Farben beim abstrakten Kunstwerk. Ungeklärt bleibt aber, ob die seelische Grundstimmung und die synästhetische Wahrnehmung beim Hören eines Musikbeispiels altersübergreifend bzw. -unabhängig sind (Wagner, 1988; Emmett, 1994, S. 115).

1992 stehen bei Smith und Sera **crossmodale Zusammenhänge** zwischen **Lautstärke** und **Farbhelligkeit** bei Kindern im Alter von 2 bis 5 Jahren im Forschungsfeld. Schon am Anfang der Studie vermuten sie, dass das Sprachverständnis der jungen TeilnehmerInnen einen großen Einfluss auf ihre Wahrnehmung ausüben könnte (Smith / Sera, 1992, S. 100). Im Falle eines Vergleichs zweier Gegenstände in der Größe, oder zweier Töne in ihrer Lautstärke ist es für Erwachsene und Kinder leichter den einen auszuwählen der *mehr* (größer oder lauter) oder *weniger* (kleiner oder leiser) als der anderer ist. Bei achromatischen Farben wie z. B. beim Grau ist es schon bei Erwachsenen schwer möglich eindeutig zu sagen, ob Dunkelgrau *mehr* als Hellgrau ist, und somit mit einem lauten Ton korrespondiert. Oft zeigen Studienergebnisse zwar eine Korrespondenz von *laut=hell* (aber nicht *Hellgrau*) und *leise=dunkel* (aber nicht *Dunkelgrau*) (ebenda, S.100-101; S. 103).

Smith und Sera führen gezielt in der Altersgruppe 2-5 J. sechs Experimente durch, weil in diesem Zeitraum bei Kindern viele Entwicklungsetappen stattfinden. Die ProbandInnen nehmen freiwillig teil und sind durch Ausschreibungen und Werbung gefunden worden. Insgesamt nehmen 24 Kinder an den Versuchen teil, welche in drei Untergruppen aufgeteilt werden: 2-Jährige, 3-jährige und 4-jährige und ältere Kinder. Beide Geschlechter sind gleichmäßig vertreten. Bei der Hälfte der Kinder wird die Verbindung *Größe-Lautstärke*, bei der anderen *Größe-Dunkelheit* ausgetestet (ebenda, S. 104).

Diese Gruppeneinteilung bietet die Möglichkeit an, anhand des Alters die Entwicklung der crossmodalen Korrespondenzen genauer zu betrachten. In den Experimenten 1, 2, 3, und 6 soll eine Parameterdimension (z. B. der Größe) auf eine andere eines zweiten Objekts übertragen werden (z. B. Lautstärke). In den Experimenten 4 und 5 geht es darum das „mehr-Ende“ (was ist größer, lauter, dunkler etc.?) einer Dimension anzugeben (ebenda, S. 103).

Grob gab es folgende drei Aufgabentypen:

- *Percept-to-Percept (P-P)*: d. h. die Polardimensionen eines Gegenstands entsprechen denselben Dimensionen eines anderen;
- *Word-to-Percept (W-P)*, d. h. eine detaillierte Beschreibung soll den Polardimensionen eines Objekts zugeordnet werden;
- *Word-comprehension (W-Comprehension)* – mithilfe einer detaillierten Beschreibung soll aus zwei Bildern das passende, der Beschreibung entsprechende Bild genannt werden (ebenda, S. 105-106).

Im ersten Experiment sollten zugeordnet werden:

- einerseits Töne der Lautstärke nach zur Größe eines Gegenstands (in diesem Fall war ein Mausbild in drei Größen und drei Graustufen angeboten);
- andererseits Gegenstände zu Tönen ihrer Lautstärke nach.

Vor dem Beginn wird jedes Kind mit den Mausbildern (s. Abb. 14) und den Tönen vertraut gemacht, dann wird ein Bild als Referenz zur Verfügung gestellt und das Kind soll das korrespondierende Hörbeispiel wählen.

















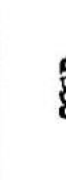







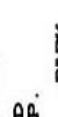





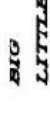

















SIZE AND DARKNESS		SIZE AND LOUDNESS	
EXEMPLAR	CHOICES	EXEMPLAR	CHOICES
P-P 	 	P-P 86dB 	 
W-P DARK 	 	W-P LOUD 	 
P-P 	 	P-P 86dB 	86dB 53dB  
W-P BIG 	 	W-P BIG 	86dB 53dB  
P-P 	 	P-P 	86dB 53dB  
W-P LITTLE 	 	W-P LITTLE 	86dB 53dB  
WORD COMP. DARK LIGHT 	 	WORD COMP. LOUD QUIET 	86dB 53dB  
BIG LITTLE 	 	BIG LITTLE 	 

Abb. 14: Größe-Dunkelheit- und Größe-Lautstärke-Korrespondenzen bei Smith und Sera (1992, S. 105).

Es wird festgestellt, dass je nach Aufgabenart in den einzelnen Altersgruppen zum größten Teil gegensätzliche Ergebnisse zustande kommen. In der *P-P-Aufgabe* haben die TeilnehmerInnen zum größten Teil die gleichen Zuordnungen von *groß=dunkel* und *klein=hell*. Begriffe wie *laut* und *leise* werden erst ab 3-4 J. wie erwartet zu *groß* und *klein* zugeordnet. Eine CMC von **Größe** und **Lautstärke** konnte somit auch hier beobachtet werden. Bei der *W-Comprehension-Aufgabe* kommen erst die ältesten Versuchspersonen mit der Aufgabe klar, von den jüngsten wird unabhängig von der Aufgabenstellung immer der laute Ton ausgesucht. Bei der achromatischen Farbe wird belegt, dass das Verständnis dafür sich erst mit zunehmendem Alter bildet. Smith und Sera stellen eine Störung fest, die sich folgend ausdrücken lässt:

„very young children with weak knowledge of the words for contrasting darkness exhibit a single pattern of performance – big is perceptually like dark and little is perceptually like light. With development and at about the same time that the words dark and light are understood, there is a disruption of this early perceptual correspondence and a dispersion of individuals throughout the state space.” (Smith / Sera, 1992, S. 112).

Daraus ließe sich schließen, dass dieser Störungsfaktor auch in anderen ähnlichen Experimenten mit der gleichen Altersgruppe zu erwarten wäre. Die Ergebnisse der Kinder wären mit besonderer Vorsicht zu betrachten und es wären mehrere Interpretationen davon möglich.

Nach dem zweiten Experiment, in dem die Versuchspersonen entweder zur gleichen mittleren Lautstärke eine Maus in einer der drei Grau-Stufen aussuchen bzw. zum konstanten *Mittel-Grau* der Maus eine der drei Lautstärken wählen sollten, wird folgendes klar: Manche Personen (Kinder und Erwachsene) verbinden kontinuierlich *laut* mit *dunkel* bzw. *groß* mit *dunkel*, andere – genau gegenteilig. Aus diesem Grund behaupten Smith und Sera, dass es alters- und somit auch **entwicklungsabhängige Tendenzen** für die **Korrespondenz** zwischen **Größe** und **Dunkelheit** gibt, welche sich bei den verschiedenen Versuchspersonen zwar unterscheiden, aber bei einer einzelnen Person, also bei einem konkreten Individuum, auf die gleiche Weise in Sprache und Wahrnehmung organisiert zu sein scheinen (ebenda, S. 116–117). Eine Person kann konstant ein großes Objekt mit Dunkelheit assoziieren, während eine andere dieses in Verbindung mit Helligkeit bringt.

Speziell bei Kindern fällt auf, dass in der Zeit, wo Wörter gelernt werden, teilweise gegensätzliche crossmodale Korrespondenzen auftauchen. Im Laufe der Entwicklung kommt es zu einem individuell organisierten Zusammenspiel von Wahrnehmung und Sprachverständnis (ebenda, S. 117).

Im dritten Experiment geht es darum zu überprüfen, ob die CMC bei einer Person logisch kohärent bzw. transitiv wären. Es sollten bei diesem Versuch folgende drei Dimensionen-Paare und die potentiellen Verbindungen darunter ausgetestet werden: Größe-Lautstärke, Größe-Dunkelheit und Lautstärke-Dunkelheit. D. h., wenn für jemanden *groß* mit *laut* korrespondieren sollte und gleichzeitig *laut* mit *dunkel*, würde das bedeuten, dass *groß* auch *dunkel* ist. Die Ergebnisse zeigen, dass im Unterschied zum Kindesalter erst **mit zunehmendem Alter einheitlichere stabile und zusammenauftretende Übereinstimmungen von Dunkelheit und Lautheit** vorkommen, jedoch können diese bei Erwachsenen sowohl *dunkel=laut=groß*, als auch *dunkel=leise=klein* bedeuten (ebenda, S. 121–122).

Nach diesen drei Versuchen überprüfen Smith und Sera den Ursprung und die Organisation dieser CMC. Die TeilnehmerInnen (Kinder und Erwachsene) sollen im Folgeversuch das *mehr-Ende* einer Dimension direkt benennen. Zu den drei genannten Lautstärke, Dunkelheit und Größe wird auch die Farbintensität/der Farbton (*hue*) untersucht. Smith und Sera kommen zur folgenden Schlussfolgerung:

„For size, there is little developmental change. For loudness, there is much between-subject variability early in development but none late in development. For darkness there is little variability early in development, much in the middle, and then sharp individual differences late in development. Finally, the finding that young children polarize hue in the same direction that they polarize achromatic color suggests that their early magnitude marking of achromatic color reflects something basic about the perceptual structure of color...“(ebenda, S. 126).

D. h. erst mit fortgeschrittener Entwicklung werden chromatische und achromatische Farben als solche wahrgenommen. Bei jüngeren Kindern werden diese seltener *richtig* voneinander unterschieden. Wie die Unterschiede zwischen ihnen und den Erwachsenen ausfallen, wenn die Dimensionen mit Worten ausgedrückt werden, wird mithilfe des fünften Versuchs analysiert, wobei bei der Sprachverständnis-Aufgabe nur die Kinder mitmachen (ebenda, S.

126). Dieses Experiment bestätigt, dass sich Parameter wie Größe und Lautstärke schon früh in der Kindesentwicklung einheitlich und eingeschränkt verhalten. Sowohl wahrnehmungsmäßig, als auch auf Basis des Sprachverständnisses ist *groß* mehr als *klein*. Bei jungen Kindern ist es jedoch schwer zu sagen, ob *laut* mehr als *leise* ist. Auch wenn das Wissen vielleicht schon vorhanden ist, ist es wahrnehmungsmäßig nicht immer so. Bei den Größendimensionen entwickelt sich die polare Organisation der Lautstärke in der Wahrnehmung schnell und in dieselbe Richtung wie in der Sprache. Im Erwachsenenalter bleiben die individuellen Unterschiede bestehen, aber die Wahrnehmungen und Wörter stimmen überein (ebenda, S. 131).

Bei dem letzten Experiment wurden bestehende Verbindungen von Lautstärke (Geräuschlautstärke) und Größe (eines Fahrzeuges) nur bei 2-j. Kindern als Stichprobe (5:5 Mädchen und Buben) untersucht. Alle Kinder konnten die Aufgabe verstehen, wobei Buben bessere, einheitlichere Ergebnisse ablieferten. Die allgemeine **Korrespondenz *laut=groß*** wird bestätigt und es ließe sich annehmen, dass diese schon bei kleinen Kindern aufgrund von Erfahrungserlebnissen und alltäglichen Beobachtungen beruhen, d. h., dass diese CMC antrainiert/angelern wären und bis ins Erwachsenenalter bestehen bleiben (ebenda, S. 132).

Nach dieser Studie lässt sich zusammenfassend sagen, dass bereits in **jungen Jahren** eine **crossmodale Verbindung** zwischen *groß=dunkel* und *klein=hell* besteht. Ab dem Alter von 3 bis 4 Jahren können Unterschiede in der Lautstärke richtig zugeordnet werden, jedoch gibt es noch keine eindeutige crossmodale Assoziation zwischen *laut=dunkel* und *leise=hell*. Allgemein bestimmt die Sinnesentwicklung die Zuordnung der Polardimensionen einzelner Parameter, jedoch beeinflusst sie die Dunkelheit als Parameter nicht. Eine entscheidende Rolle für die Wahrnehmung spielt im Laufe der Zeit auch das Sprachverständnis. Es lässt sich also schlussfolgern, dass sich die Struktur aller Dimensionen in der Entwicklung aus dem Zusammenspiel von sensorischen, Wahrnehmungs-, kognitiven und sprachlichen Faktoren ergibt (ebenda, S. 133).

Im Rahmen ihrer Dissertation widmet sich Karin Emmett ähnlich wie Roth auch der Ton-Farb-Gefühl-Forschung. Ihre ProbandInnen sind aber sechs Volksschulklassen aus öffentlichen Schulen, in drei Altersgruppen wie folgend aufgeteilt:

- 40 Schüler (20 Knaben und 20 Mädchen) im Alter von 6 Jahren;
- 40 Schüler (20 Knaben und 20 Mädchen) im Alter von 10 Jahren;
- 40 Schüler (20 Knaben und 20 Mädchen) im Alter von 14 Jahren (Emmett, 1994, S. 117).

Jede Altersgruppe ist in zwei Klassen vertreten. Somit es ergeben sich die sechs Testgruppen.

Der empirische Versuch ist in zwei aufgeteilt – Vor- und Hauptversuch, wobei der erste die Bereitschaft und das Verständnis der Kinder prüft, damit beim Hauptversuch ausschlaggebende Ergebnisse in Bezug auf die Klang-Farbe-Beziehungen einzelner Musikinstrumente erzielt werden (ebenda, S. 117). Das Setting und der Versuchsablauf wird bei dem Vor- und dem Hauptversuch möglichst gleich gehalten. Schon beim ersten fallen **altersentsprechende** bzw. **geschlechterspezifische Tendenzen** auf.

Beim Vor-Experiment liegen sechs leere Kästchen zum Anmalen vor den Kindern und sechs Buntstifte in den Farben Rot, Blau, Gelb, Grün, Weiß und Schwarz. Die Aufgabe besteht darin zu verschiedenen Adjektiven die passende Farbe ins Kästchen einzutragen. Die folgenden Adjektive sind für die erste Altersstufe auch schriftlich erklärt, für die zwei anderen – nur mündlich.

KALT	WARM	Empfindungen
TRAURIG	LUSTIG	Gefühle
HÄSSLICH	SCHÖN	Bewertungen

Abb. 15: Sechs Adjektive zur farblichen Zuordnung (Emmett, 1994, S. 118).

Die als drei Gegensatz-Paare angebotenen Adjektive beziehen sich auf körperliche Empfindungen, Emotionen und Bewertungen. Es sollen vier Korrespondenzen empirisch bestätigt oder widerlegt werden:

- Ob einem bestimmten Adjektiv eine konkrete Farbe entspricht;
- Ob die Farbwahl vom Geschlecht der Versuchspersonen abhängt;
- Ob die Farbwahl mit dem Alter konstant bleibt;
- Ob bestimmten Gefühlen konkrete Farben entsprechen.

Die Ergebnisse zeigen bei **allen** teilnehmenden gemeinsam Kindern (unabhängig von Geschlecht und Altersgruppe) folgende Zuordnungen:

<b>Adjektiv</b>	kalt	warm	traurig	lustig	hässlich	schön
<b>Farbe</b>	Blau	Rot	Schwarz	Gelb / Grün	Schwarz	Gelb / Grün

*Tab. 4: Adjektiv-Farb -Entsprechungen bei Karin Emmett (erstellt nach: Emmett, 1994, S. 121).*

Bei der Versuchsauswertung werden die Ankreuzungen der Kinder gemeinsam, innerhalb einer Altersgruppe und geschlechtsspezifisch aufgeteilt zusammengerechnet und durch die Versuchspersonen dividiert, um zu den Ergebnissen zu gelangen. Die Mittelwerte geben die Farbauswahl innerhalb einer Gruppe an (z. B. je nach Alter oder Geschlecht). Die Signifikanz wird mittels eines Chi-Quadrat-Tests ermittelt. Die statistische Verteilung der Angaben wird auch überprüft. Folgende **geschlechterspezifische Tendenzen** sind nach dem Versuch belegt:

- **Mädchen** bevorzugen bei der Farbwahl v. a. **Blau** (1,26) und **Rot** (1,64), seltener Schwarz, Gelb und Grün.
- **Buben** zeigen Farbpräferenzen v. a. zu **Rot** (1,17) und **Schwarz** (1,56), seltener zu Blau, Gelb und Grün.

- Emmett vermutet aufgrund der Ergebnisse, dass die **weiße Farbe nicht wirklich als Farbe wahrgenommen** wird. So wird die seltene Wahl (-3,28, -3, 25) dieser erklärt (ebenda, S.121).

Es fallen also hochsignifikante (0,000) Zusammenhänge auf, wenn man bei der Analyse nur das Geschlecht der TeilnehmerInnen als Faktor berücksichtigt. Es besteht kein signifikanter Unterschied, wenn man Geschlecht und Alter zusammen betrachtet, wenn man nur das Alter als einflussreicher Faktor für die Farbwahl betrachtet, gibt es signifikante Unterschiede (ebenda, S. 123–126). Der unteren Tabelle ist die Häufigkeit der Farbauswahl im Vergleich der einzelnen Altersgruppen (AG I-III) zu entnehmen:

AG	Blau (1,0)	Rot (2,67)	Schwarz (0,00)	Gelb (1,17)	Weiß (-3,67)	Grün (0,46)
AG I	Ziemlich häufig	Sehr häufig	Selten	Häufig	Kaum	Weniger häufig als AG II
AG II	Gleich viel wie I (0,67)	Starke Variation (Abnahme 0,46)	Öfter als AG I (0,31)	Weniger als I (0,31)	Kaum (-1,36)	Durchschnittlich häufig (1,61)
AG III	Ähnlich wie II (1,06)	Starke Variation (Abnahme 0,30)	Viel öfter als AG II (2,41)	Kaum noch (0,00)	Kaum noch (-2,56)	Weniger häufig als AG II (0,90)

Tab. 5: Häufigkeit der Farbwahl bei Karin Emmett (erstellt nach: Emmett, 1994, S. 126).

Es fällt die **Tendenz** auf, dass im **jungen Alter** v. a. **bunte** und eher **helle Farben** und mit **zunehmendem Alter** immer mehr **dunkle** und **gesättigte Farben** auch ausgewählt werden. **Weiß** bleibt unabhängig vom Alter **am Rande der Farbauswahl**, da es von den Kindern, wahrscheinlich nicht als selbständige Farbe empfunden wird. Keine signifikanten Ergebnisse, aber die schon erwähnten Farbpräferenz-Tendenzen findet Emmett auch beim einzelnen geschlechterspezifischen Altersvergleich (ebenda, S. 129; 131). Da der Fokus dieser Arbeit auf den Klang-Farbe-Beziehungen liegt wird hier auf eine noch detaillierte Beschreibung des Vorversuches verzichtet und gleich zum Hauptversuch übergegangen.

Der Hauptversuch erstreckt sich über sechs Wochen, jedes Mal wird die Invention Nr. 1 von J.S. Bach (ca. 2:00 Min. lang) von folgenden sechs unterschiedlichen Musikinstrumenten interpretiert vorgespielt – Flöte, Glockenspiel, Klavier, Panflöte, Streicher, Trompete (ebenda,

S. 139). Die SchülerInnen dürfen beim Zuhören aus sechs Kärtchen in den schon vertrauten Farben auswählen und nach dem Hörbeispiel innerhalb von 20 Min. Reißbilder gestalten, welche sie als zum Stück passend empfinden (ebenda, Anhang I, S. 191). Eine punktuelle Zusammenfassung der essentiellen Ergebnisse bietet die unten vorgelegte Tabelle. Hin und wieder wird von beiden Geschlechtern keine Farbe besonders präferiert (K. F.) bzw. es gibt Unterschiede bei Mädchen (M) und Buben (B):

Musikinstrument	Flöte	Glockenspiel	Panflöte	Streicher	Trompete	Klavier
<b>Gemeinsam</b> unabhängig von Geschlecht und Alter betrachtet	K. F.	Gelb	Schwarz	Grün/Rot	Blau	K. F.
				Grün (B)		K. F. (B)
					K. F. (M)	
<b>Klangfarbe in AG I</b>	K. F.	Gelb	Weiß/Grün	Grün	Blau	Blau/Rot/Schwarz
<b>Klangfarbe in AG II</b>	K. F.	Gelb	K. F.	Grün	Blau	K. F.
<b>Klangfarbe in AG III</b>	Weiß	Gelb	Schwarz	Rot	K. F.	K. F.

*Tab. 6: Beziehungen zwischen Farbwahl und Musikinstrument bei Karin Emmett (erstellt nach: Emmett, 1994, S. 183–184)*

Karin Emmett konnte somit 1994 zeigen, dass in den drei von ihren untersuchten Altersgruppen (6 J, 10 J. und 14 J.) **signifikante alters- und geschlechterspezifische Farbpräferenzen bei CMC** u. a. auch im Zusammenhang mit einzelnen Musikinstrumenten auftreten. Zu den letzteren soll angemerkt werden, dass das Empfinden einer **Instrumenten-Klangfarbe** auch durch die **Bekanntheit** und Vertrautheit der Versuchspersonen mit diesen in Verbindung steht. Emmett betont auch den besonderen Wert auf die tiefgründige Arbeit mit Kindern zum Thema Klang und Farbe unabhängig der Altersgruppe und in allen Bildungsinstitutionen. Sie sieht diesen Bereich auch als ein breites Forschungsfeld, das weiterer Studien bedarf (ebenda, S. 185).

Nicht nur bei Erwachsenen und Jugendlichen, sondern auch bei Kleinkindern wurde die assoziative Verbindung von **Wortklang** und **grafischer Form** nach den schon erwähnten Versuchen von Köhler (1933) untersucht. Sowohl bei seinen weiteren Experimenten dieser Art aus

dem Jahr 1947 als auch bei den Studien von Davis 1961, Holland und Wertheimer 1964 sowie Ramachandran und Hubbard 2001 u. a. werden sinnfreie Wörter kreiert, welche abstrakten Bildern mit eher runden oder spitzen Elementen spontan zugeordnet werden sollten (Maurer et. al., 2006, S. 316). Die Ergebnisse zeigen, dass die **CM-Verbindung** von **Sprachklang** und **visueller Form** in allen Versuchsgruppen tatsächlich auftritt – nicht nur bei Englisch sprechenden Kindern im Alter von 11-14 Jahren und bei Englisch sprechenden Erwachsenen. Auch Kinder im Alter von 8-14 Jahren, die Swahili und den Bantu Dialekt Kitongwe in Zentralafrika sprechen, stellen diese Verbindung her. Ramachandran und Hubbard erklären das schon bekannte auch *Bouba-kiki*-Phänomen aufgrund der kortikalen Verbindungen von Gehirnarealen für die visuelle Wahrnehmung von:

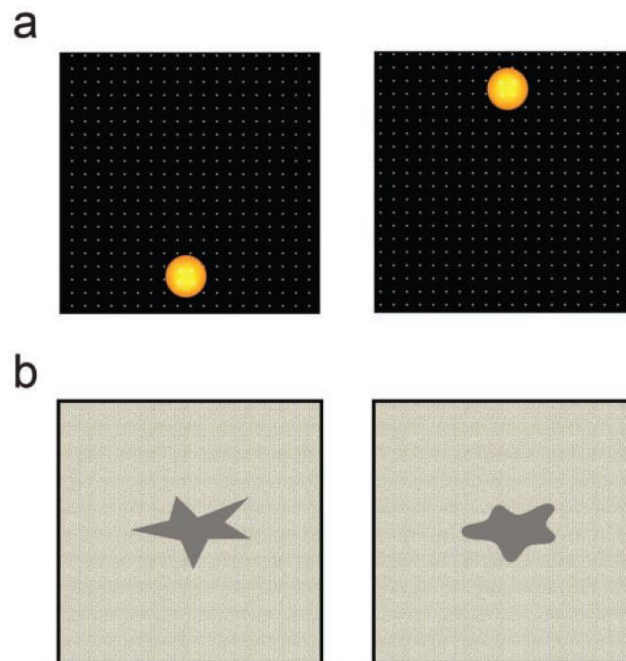
1. die Wahrnehmung von einer abstrakten gezeichneten Form;
2. die visuelle Wahrnehmung der Lippenform beim Aussprechen der nonsense-Wörter;
3. die Wahrnehmung bzw. das Gefühl für die Zungenbewegung beim Aussprechen dieser (Ramachandran / Hubbard, 2001, S. 29; Maurer, D.; Pathman, Th.; Mondloch, 2006, S. 316–317).

Diese komplexe Wahrnehmung führt zu crossmodalen Verknüpfungen. In diesem Fall reagiert der visuelle Sinn auf das Bild. Durch die Vorstellungskraft wird der motorische Ablauf bei der Lautenbildung *sichtbar* und der akustische Sinn – vom Klang der Silben aktiv. Da sich die visuellen und auditiven Nervenbahnen im für die emotionale Bewertung zuständigen limbischen System „kreuzen“ können multisensorische Erlebnisse ausgelöst werden. Zusätzlich stellt man fest, dass der Geschmacksinn im weiteren Sinne auch angesprochen wird, sodass ein *Gefühl* oder eine *Emotion* hervorgerufen wird. Aus diesem Grund behaupten Maurer und Pathman, dass die sensorischen und motorischen Bereiche der Hirnrinde für die Sprachentwicklung einflussreich sind und zu Synästhesie führen, welche aber bei nur in 1-2% der Bevölkerung vertreten ist (Ramachandran / Hubbard, 2001, S. 9; Maurer, D.; Pathman, Th.; Mondloch, 2006, S. 317.) Näheres dazu ist dem Folgekapitel zu entnehmen.

2010 setzt sich das Forschungsteam Walker et al. mit der Frage auseinander, ob **cross-modale audio-visuelle Assoziationen** auch schon bei noch nicht sprechenden **Säuglingen**

entstehen (Walker et al, 2010, S. 21). Es wird die Aufmerksamkeitsdauer der Kleinkinder überprüft, wenn sie kongruenten und nicht kongruenten audio-visuellen Stimuli ausgesetzt werden.

An den zwei aufeinanderfolgenden Versuchen nehmen jeweils acht Mädchen und acht Buben im Durchschnittsalter von 128 Tagen (beim ersten) und acht Mädchen und acht Buben im Alter von 129 Tagen teil. Im ersten Versuch wurden helle und dunkle Farbkreise mit einem orangefarbenen Ball kombiniert. Der Ball war ständig auf schwarzem Hintergrund mit weißen Punkten in Bewegung und wurde gekoppelt mit auf- und absteigender Tonhöhe (Glissando) von hoher bis tiefer Tonlage. (Abb. 16).



*Abb. 16: Visuelle Stimuli in den Experimenten 1 (a) und Experiment 2 (b) bei Walker et al (Walker et al, 2010, S. 22).*

Im zweiten Experiment werden spitze bzw. runde Formen mit Tonhöhe gekoppelt. Zum Glissando verändert sich die abstrakte Form langsam von einem Extrem (spitz) ins andere (rund).

Beide Male bleiben 12 von 16 Kindern länger konzentriert, wenn die Reize kongruent sind – d. h., wenn z. B. der Ball hinaufkommt und die Tonhöhe steigt, bzw. wenn die Form immer spitzer wird und die Tonhöhe steigt und umgekehrt (ebenda, S. 23).

Mit dieser Studie wird die länger dauernde Aufmerksamkeit der Kinder bei kongruenten audio-visuellen Stimuli wissenschaftlich belegt. Das bedeutet, dass schon Säuglinge **CMC wie Bewegungen im (Ton)Raum und Formveränderung** korrespondierend zur **Tonhöhe** ausbilden können. Es wäre dem zufolge vorstellbar, dass dieses Gespür angeboren sei, da Kinder im Alter von 3-4 Monaten schwer solche Korrespondenzen gelernt haben könnten (ebenda, S. 24). Außerdem würde diese Sensibilität dafürsprechen, dass die Entwicklung der multisensorischen Wahrnehmung im sehr frühen Alter beginnt und in weiterer Folge die Basis für ein spontanes Synästhesie-Erlebens im späteren Alter bildet. Es stellt sich die Frage nach den genauen Mechanismen und nach dem Einfluss von persönlichen Faktoren auf die Sensibilität im Zusammenhang mit CMC, somit wird auch der Forschungsbedarf angesprochen (ebenda S. 24). Es darf auch nicht unerwähnt bleiben, dass die CMC-Wahrnehmung bei Säuglingen möglicherweise in Verbindung mit der Entwicklung kognitiver Fähigkeiten stehen könnte und dass somit auch die später notwendigen Lernprozesse im Alltag positiv beeinflusst werden könnten.

Audio-visuelle (sowie audio-taktile und visuo-taktile) CMC von sich **bewegenden Objekten** und **Tonhöhe** bei 4-5-Jährigen stehen im Mittelpunkt der Forschung bei Nava, Grass und Turati. Es wird vermutet, dass bei Vorschulkindern diese CMC aufgrund der *immature linguistic and auditory cues* noch schwach ausgeprägt sein werden (Nava et al., 2016, S. 93). Jedoch sind die nicht-redundanten Korrespondenzen, also diese die durch nur eine Sinnesmodalität verarbeitet werden können, für das Forschungsteam wichtig, da sich somit die Ursprünge und die Entwicklung der bei Erwachsenen schon etablierten CMC untersuchen lassen (ebenda, S. 94). Den Ausgangspunkt der Studie bilden u. a. die Forschungsergebnisse von:

- Rusconi et al. (2006), dass die **auditive Tonhöhe** auch **räumlich** präsent ist;
- Walker (2010), dass die **Aufmerksamkeit** von Säuglingen auf spitze Objekte länger bleibt, wenn diese mit **hohen Tönen** kombiniert werden;

- Haryu und Kajikawa (2012), dass 10-monatige Kinder auf die Korrespondenz von **Tonhöhe** und **Helligkeit** reagieren;
- Lewkowicz und Minar (2014), dass schon 4-Monate alte Babys sensibel auf die Verbindung von **Tonhöhe** und **Dichte** (Klangfülle) reagieren;
- Parise et al. (2014), dass Töne mit **hohen Frequenzen** eher von **hochpositionierten Tonquellen** zu kommen scheinen (Nava et al., 2016, S. 95).

Somit lässt sich vermuten, dass diese Entsprechungen von der Anatomie des Ohrs und der Art und Weise wie Menschen Töne aus ihrer Umgebung lokalisieren, beeinflusst werden. D. h., dass die Zuordnung von Tonhöhe und Höhenlage im Körper verankert sein könnte (Nava et al, 2016, S. 95–96).

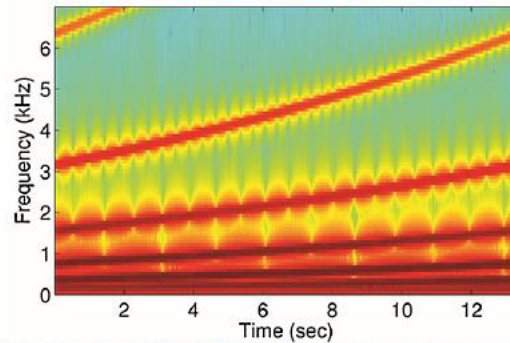
Auch Nava et al. weisen wie Smith und Sera darauf hin, dass bei Erwachsenen die verschiedenen CMC im Alltag durch Beobachtung und Erlebnis memorisiert werden (ebenda, S. 96). Die Auseinandersetzung mit der Altersgruppe von 4-5 Jahren bietet die Möglichkeit an zu überprüfen, ob die Verbindung von auditiver Tonhöhe und visueller Höhe(Höhenposition) außerhalb des Einflusses von geschriebener Sprache oder musikalischem Training vorkommt (ebenda, S. 96). Außerdem verfügen Kinder in diesem Alter im Vergleich zu Säuglingen und Kleinkindern über mehrere *Antwortoptionen* und Reaktionen auf die verschiedenen Aufgaben (ebenda, S. 97).

Getestet werden einerseits 15 Kinder (5 Mädchen und 10 Buben) aus der italienischen Krankenpflegeschule in Cesate, andererseits als Kontrollgruppe 20 Erwachsene (7 Frauen und 13 Männer im Alter von 22–40 J.). Alle der TeilnehmerInnen haben keine Auffälligkeiten bei Hören und Sehen (ebenda, S. 98).

Auf einem Bildschirm mit schwarzem Hintergrund wird die s. g. Barber-Pole-Illusion präsentiert. Mehrere sinusförmige Gitter aus sich abwechselnden Weiß und Rot hinter einer länglichen rechteckigen weißen Blende erzeugen den Eindruck einer sich bewegenden Säule. Die Hörbeispiele beinhalten neun übereinander gelagerte harmonische Töne, die von Ton zu Ton hinübergleiten – das s. g. Shepard-Risset-glissando. Die taktilen Reize kommen durch die auf-/abwärts-Bewegung eines Malpinsels auf dem Rücken der Versuchsperson zustande.



a. Visual stimulus



b. Auditory stimulus



c. Tactile stimulus

*Abb. 17: Visuelle, auditive und taktile Stimuli bei Nava et al. (2016, S. 99).*

Die Experimente verlaufen in drei Paar-Kombinationen: visuell-taktile; audio-taktile und audio-visuelle mit jeweils vier Versuchen (ebenda, S. 100). Im Kontext dieser Arbeit sind primär die letzten zwei von Bedeutung und werden näher ausgeführt. Die Hälfte der Versuche waren kongruent, d. h. die Richtung der Bewegung ist gleich in beiden Sinnesmodalitäten, bei den anderen zwei in die entgegengesetzte Richtung, also inkongruent.

Im ersten Experiment haben sowohl die Kinder als auch die erwachsene Kontrollgruppe die Aufgabe das passende Bild zum Hörbeispiel zu finden. Es wird festgestellt, dass bei den audio-visuellen und audio-taktile-Aufgaben die Kinder keine crossmodalen Korrespondenzen aufweisen, welche Tatsache dafürsprechen würde, dass die Kinder in diesem Alter

Schwierigkeiten haben bzw. noch nicht im Stande sind Reize voneinander zu isolieren, die zwei Modalitäten ansprechen. Dafür aber werden **CMC** in der **visuell-taktilen** Aufgabe bestätigt (ebenda, S.103). Da die Schwierigkeiten der Kinder beim ersten Versuch u. a. auch vom Experiment-Design hervorgerufen sein könnten, wurde dieser angepasst und an einer neuen Testgruppe angewandt.

Beim zweiten Versuch werden den 14 Kindern und 10 Erwachsenen (bei gleicher Geschlechtsverteilung) nur 2 Stimuli vorgestellt – ein Klangbeispiel (Shepard-Risset-Glissando) und ein Bild sollen als mit *ja* oder *nein* als zueinander passend oder nicht beurteilt werden. Die Ergebnisse können kurz wie folgend zusammengefasst werden:

„Overall, our study shows two main findings. First, the children were sensitive to auditory pitch and visual and tactile height, but only under specific experimental situations. Second, the visuo-tactile combination appeared to be the ‘easiest’ for the children and was not influenced by the testing procedure (i.e., presenting two or three stimuli at a time).“ (ebenda, S. 107).

Wenn es Kindern leicht fällt unter gewissen Umständen **Tonhöhe** und **visueller Höhe** miteinander zu verknüpfen, stellt sich die Frage danach, wie dieser Prozess abläuft. Einerseits könnte die Erfahrung eine Rolle spielen – möglicherweise könnten Kinder außerhalb vom Musikunterricht auch die Begriffe *hoch* und *tief* im Zusammenhang mit Tonhöhe gehört haben (ebenda, S. 108). Andererseits berichten Parise et al. darüber, dass die menschliche Ohranatomie die klare Zuordnung von Frequenz eines Geräusches und der wahrgenommenen Höhe bestimmt (Parise, 2014, S. 1). Nava et al. spekulieren darüber, ob die noch nicht abgeschlossene Entwicklung des Ohres bei Kindern zwischen 4-5 J. möglicherweise eine *automatisch* erfolgende Verknüpfung von Tonhöhe und visueller Höhe hervorruft (Nava et al., 2016, S. 109). Dadurch ließe sich die sensorische Integration bei Kindern erklären.

Aus der von Nava et al. untersuchten Verbindung von visueller Höhe und Tonhöhe bei 4-5/6-J. Kindern lässt sich schließen, dass die Gestaltung und die Durchführung eines Versuchs in dieser Altersgruppe sehr sorgfältig geplant werden sollte, da die *Versuchsform* die Ergebnisse beeinflusst. Es soll unbedingt berücksichtigt werden, ob und wann Kinder im Stande sind Stimuli beider Sinne zu integrieren und zusammenhängend zu verarbeiten, da die *verbindende Wahrnehmung* nur unter bestimmten Konditionen stattfindet. Zusätzlich ist seitens des/der

Forschers/in eine große Flexibilität gefragt, da der Arbeitsprozess mit Kindern sehr dynamisch sein kann. Falls notwendig, sollte man unter Umständen auch kurzfristig die Experimentform, im Laufe des Experiments bearbeiten und anpassen. Somit wären zwar die Ergebnisse möglicherweise mit anderen Studien nicht vergleichbar, könnten jedoch andere relevanten Ergebnisse liefern.

Aus diesen Forschungsbeispielen wird es klar, dass eine tiefgründige Auseinandersetzung mit den CMC im Kindesalter dazu beiträgt, dass die Wahrnehmungsprozesse und die Verarbeitung von Sinneseindrücken im Allgemeinen (nicht nur auf diese Altersgruppe bezogen) zu veranschaulichen. Im Laufe der persönlichen Entwicklung wird die Entwicklung der Wahrnehmung immer komplexer: beginnend mit der crossmodalen Verbindung von Größe und Dunkelheit, über diese von Sprache und Dimensionen von Objekten, bis zur differenzierten Klangfarbe von Musikinstrumenten. In weiterer Folge kann die Entwicklung von motorischen und kognitiven Fähigkeiten bei Kindern nachvollziehbar werden und mittels passender CMC-Übungen gefördert werden. Die eine hohe oder tiefe Sprechlage kann z. B. mit bekannten Personen gekoppelt werden. Der Tonumfang eines Musikinstruments innerhalb einer Instrumentenfamilie kann mit den Kindern vertrauten familiären Beziehungen veranschaulicht werden – z. B. „das Cello ist der große Bruder von der Geige“; „die Tenor-Blockflöte ist der Papa, die Altflöte die Mama, Sopran- und Sopranino-Flöten sind die Kinder in der Familie“ etc. In diesem Kontext soll der Einfluss von individuellen (kulturellen) Faktoren sowie von persönlicher (Lern)erfahrung in Betracht gezogen werden.

Weiterhin setzt sich auch einige Jahre später Walkers Forschungsteam mit der Frage danach auseinander, ob sogar ganz junge, 2-3 Tage alte **Neugeborene** schon **crossmodale Beziehungen von Tonhöhe und visueller Lage/Position** eines Objekts bilden könnten, d. h. ob diese gleich nach der Geburt oder noch pränatal im Mutterleib erlernt werden (Walker et al., 2018, S. 6). Die mehrmalige Positionsveränderung des Babys im Mutterleib und der Mutter im Alltag, die eher ungünstige Position mit den Kopf nach unten in den letzten drei Schwangerschaftsmonaten und allgemein eingeschränkte Sinneswahrnehmung der Außenumgebung in dieser Zeit würden Walker zufolge eher dafürsprechen, dass diese Fähigkeiten erst postpartum erworben werden (ebenda, S. 6).

Wie kommen diese Schlussfolgerungen zustande? Das gleiche Videobeispiel wie im Experiment aus dem Jahr 2010 wird 12 Säuglingen vorgespielt. Wie bei dem schon geschilderten Versuch mit den 3-4 Monate alten Kindern sind die mittels ANOVA überprüften Ergebnisse hochsignifikant – auch dieses Mal bleiben die meisten (10 von 12) TeilnehmerInnen auch länger auf den Ball fixiert, wenn sich seine Bewegung und die ihn begleitende Tonhöhe synchron verändern. Dies würde für eine **angeborene Sensibilität für CMC von räumlicher und akustischer Höhe** sprechen (ebenda, S. 4–5). Eine ähnliche Verbindung ist auch bei Tieren zu beobachten. Diese verwenden tiefe oder hohe Laute zur Kommunikation untereinander. Man könnte meinen, dass diese Fähigkeit ähnliche Orientierungs- und Kontaktaufnahme-Vorteile bieten würde. Es handelt sich um eine relative Zuordnung, die vorwiegend vom Kontext, also von der Umgebung bei der Reizrezeption beeinflusst wird. Das Team von Walker et al stellt fest, dass auch wenn eine Tonhöhe an sich keine räumlichen Informationen gibt, dass sie jedoch durch ihr Frequenzprofil aber die crossmodale Assoziation bei den Babys beeinflusst (ebenda, S. 5). Das Frequenzprofil eines Tones, bestehend aus seiner Grundfrequenz und seinen Obertönen, ist ausschlaggebend für die Klangfarbe. Die Anzahl der Schwingungen eines Tones bestimmt die Tonhöhe. Mit der aufsteigenden Tonhöhe hat der Ton mehr Schwingungen pro Sekunde und somit eine höhere Frequenz. Es ließe sich daraus ableiten, dass die amodale Zuordnung, die **Herstellung von CMC**, durch das **Frequenzprofil** geprägt ist. Nach dieser Studie könnte man die Schlussfolgerung ziehen, dass die weitere wissenschaftliche und empirische Auseinandersetzung mit diesem Thema im Allgemeinen, bei Säuglingen und noch vor der Geburt Herausforderungen darstellt, jedoch aber forschungswert wäre (ebenda, S. 6).

Dieser kurze Exkurs zu den crossmodalen Entsprechungen bei Kindern, ihren Besonderheiten und ihrer Forschung zeigt nicht nur die Relevanz des Themas, sondern bietet auch einen guten Ausgangspunkt zur Versuchskonzeptentwicklung im Rahmen dieser Arbeit. Den Studien ist es abzuleiten, dass Kinder und sogar Neugeborene möglicherweise angeborene Fähigkeiten zur CMC-Bildung besitzen, welche durch Erfahrung und Lernprozesse vertieft werden können. Das Entwicklungsstadium der kindlichen Sinnesorgane beeinflusst deutlich der Wahrnehmungsprozess und die Klangbeurteilung in weiterer Folge. Darauf aufbauend können neue Unterrichtsstrategien erarbeitet werden, welche eine noch bessere Förderung ermöglichen. Außerdem können daraus neue Forschungsanregungen entnommen werden. Da das in dieser Arbeit geplante Experiment sich mit der Altersgruppe 4-6 J. beschäftigt, sind die kindliche

Sinneswahrnehmung und die Etappen des Wahrnehmungsprozesses, welche schon im vorigen Kapitel erläutert wurden, von großer Bedeutung. Da bei einer empirischen Studie der Schwerpunkt auf der Beziehung von Ton/Klang und dem persönlichen Farb- bzw. Helligkeitsempfinden liegt, wäre es an dieser Stelle angebracht, sich diesen wissenschaftlichen Bereich historisch anzuschauen.

### 3.5. Kurzer Historischer Überblick/Forschungsgeschichte der CMC von Klang und Farbe

Ein punktueller historischer Exkurs über die Entwicklung der crossmodalen Korrespondenzen in Bezug auf Farben und Töne findet man bei Spence und Di Stefano (2022). Diesem zufolge hat die Forschungsgeschichte der CMC noch außerhalb der modernen Psychologie, der Neuro- und der Musikwissenschaft ihre Anfänge in der Antike. Der folgende Exkurs hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit, bezieht sich auf einige wichtige Beispiele, welche als Orientierung innerhalb der Forschungsgeschichte dienen sollen.

In der antiken Zeit sind Wissenschaftler und Philosophen von den Farben fasziniert. Schon bei Pythagoras werden Farben musikalischen Tönen zugeordnet, (Silvestrini, N. / Fischer E. P., 2002 S. 16). Sowohl Pythagoras (Spence / Di Stefano, 2022, S. 3), als auch Ptolemeus Alexandreus (ebenda) u. a. setzen sich mit den Zusammenhängen von **Tönen/musikalischen Skalen** und dem **Regenbogenspektrum des Lichts** auseinander. Später vermutet Aristoteles, dass dieselben **numerischen Proportionen** sowohl für die Wirkung von **Farbkombinationen** auf das Auge, als auch für die **musikalischen Klänge** auf das Ohr gelten könnten (ebenda, S. 3) Farben entstehen für Aristoteles aus dem „täglich zu beobachtenden Kampf zwischen dem Dunkel der Nacht und dem Licht des Tages“ und werden im Tagesverlauf folgend aufeinander gereiht: Weiß, Gelb, Rot, Violett, Grün, Blau, Schwarz (Silvestrini, N. / Fischer E. P., 2002, S. 13).

In der Renaissance beschäftigen sich u. a. Leonardo da Vinci oder Athanasius Kircher mit der **Farbenlehre** und der potentiellen **Korrelation zur Musik** (Moritz, 1997, <https://www.awn.com/animationworld/dream-color-music-and-machines-made-it-possible>).

Kircher nennt fünf Grundfarben, die sich von Weiß über Gelb, Rot und Blau bis Schwarz bewegen (Kircher, 1646, S. 48–49; Silvestrini, N. / Fischer E. P., 2002 S. 30), wobei Rot, Gelb

und Blau als Hauptfarben zu betrachten sind, welche von Weiß und Schwarz umrandet werden (Jewanski, 1999, S. 200).

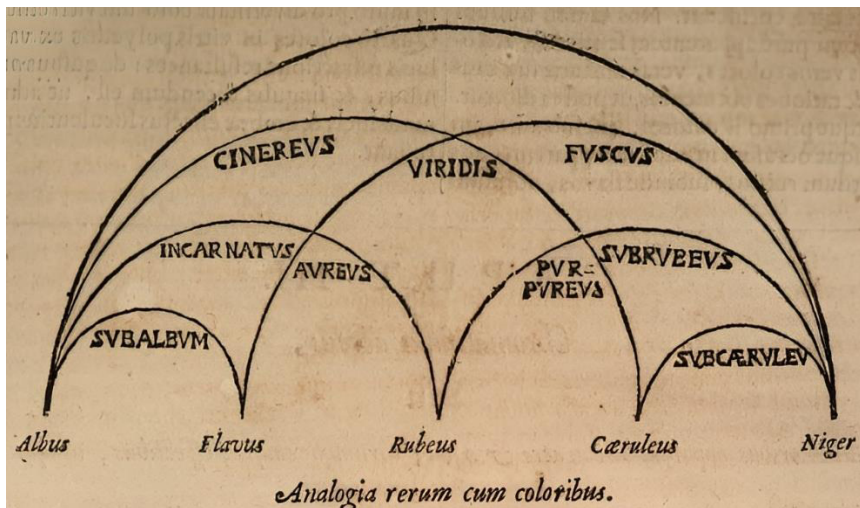


Abb. 18: Die fünf Grundfarben bei Athanasius Kircher (1646, S. 49).

In seinem bedeutenden Werk *Ars magna lucis et umbrae* (1644) beschreibt Kircher u. a. in einem separaten Kapitel die Ähnlichkeiten und Besonderheiten, sowie die Beziehungen von Licht(farbe) und Ton (Jewanski, 1999, S. 197). In Kirchers Arbeiten wird das Bestreben klar, die ganze Welt, all ihre Teilbereiche, Tiere, Menschen, Planeten und Phänomene zu ordnen und in Einklang zu bringen. Dieses geschieht Jewanski zufolge in drei Kontexten: durch umfangreiche Analogien; durch Übertragung der Lichtgesetze auf die Akustik, sowie durch die **Übertragung der Wirkung musikalischer Töne (und Intervalle) auf diese der Farben** (ebenda, S. 216). Zum letzteren Bereich sind zahlreiche Zeichnungen, Tabellen und Schemata vorhanden, die diese Korrespondenzen veranschaulichen. Zum Überblick sollten hier die fünf Farben und die entsprechenden fünf musikalischen Töne des griechischen Tonsystems erwähnt werden:

Weiß	Gelb	Rot	Blau	Schwarz
Nete	Paranete	Mese	Paramese	Hypathe

Tab. 7: Zuordnung der musikalischen Töne der fünf Grundfarben bei Kircher aus „*Analogia rerum cum coloribus*“ (Jewanski, 1999, S. 200).

Genauso wie die Farben sich **von hell bis dunkel** bewegen, bewegen sich die Töne von **hoch bis tief**. Man könnte dies als eine anfängliche crossmodale Korrespondenz von **Tonhöhe** und **Helligkeit** betrachten. Kirchers System ist sehr umfangreich und wurde im Laufe der Zeit von ihm selbst ständig erweitert. Jewanski vermerkt 1999 aber, dass trotz Kirchers Bestreben eine einheitliche Theorie zu den Ton-Farb- und anderen Beziehungen aufzustellen, immer wieder Widersprüche auftreten und dass dadurch keine exakte Systematik ersichtlich ist. (ebenda, S. 217).

Isaac Newton schreibt 1704, dass man die sieben der (dorischen) Skala entsprechenden Töne in einem Kreis mit den sieben Regenbogenfarben anordnen kann (Newton, 1704, S. 114). Die Abstände und die **fließenden Übergänge von Farbton zu Farbton** entsprechen für ihn genau den **Intervallabständen** zwischen den einzelnen Tonstufen der natürlichen dorischen Tonleiter, also mit dem Ton D beginnend. So lassen sich diese bildlich wie folgend darstellen:

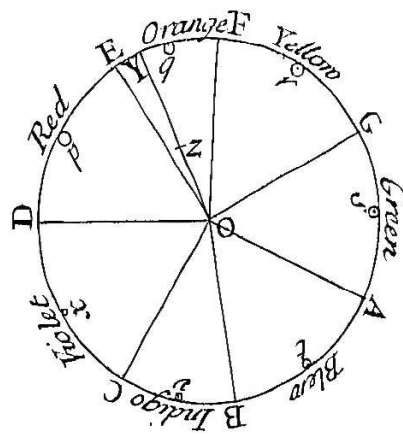


Abb. 19: Die den Farben entsprechenden Töne der dorischen Tonleiter (Newton 1704, Book I, Part II, Plate III., Fig. 11, S. 145f.).

Der Ganztonschritt von *d* auf *e* ist durch die Farbe Rot gekennzeichnet und proportional genau so groß wie die Intervalle *f-g* (Gelb), *g-a* (Grün), *a-h* (Blau; der Ton *h* wird mit *b* in dem englischen Sprachraum bezeichnet), *c-d* (Violett). Die zwei Halbtonschritte sind *e-f* (Orange) und *h-c* (Indigoblau).

1810 unternimmt Johann Wolfgang von Goethe nach jahrelangen Studien zu den Farben in seinem Werk „Zur Farbenlehre“ auch eine Unterteilung – jedoch in der Form eines Doppelkreises, indem er zwischen den drei Grundfarben Gelb, Rot, und Blau ihre Sekundärfarben Orange, Grün und Violett hinzufügt. Unten links ist die aquarellierte Federzeichnung von Goethe abgebildet:

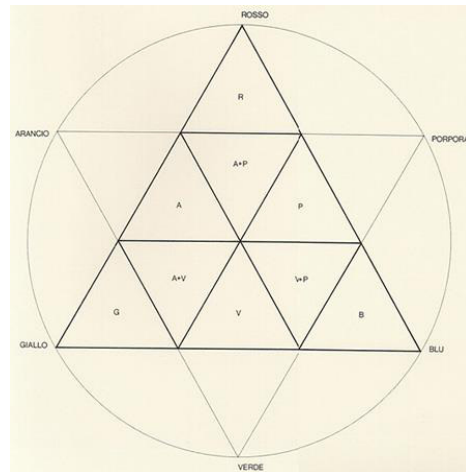
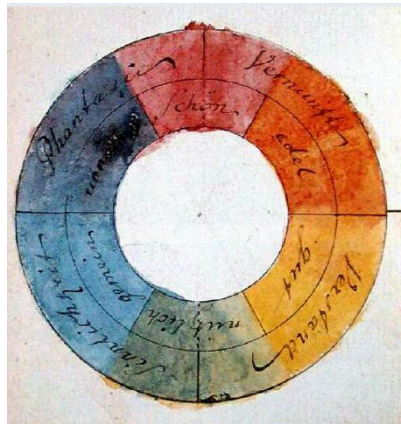


Abb. 20 Links: Der aquarellierte Farbkreis von Goethe (Goethe, 2016, Umschlag).

Abb. 21 Rechts: Das Farbdreieck als Ausgangspunkt der Farbunterteilung (Silvestrini, N. / Fischer E. P., 2002 S. 53).

Goethe teilte zusätzlich den Kreis in zwei Halbkreisen: die s. g. Plus-Seite geht von Grün über Blau nach Rot und die Minus-Seite – von Rot über Gelb nach Grün zurück. Auf dem linken Bild fällt sofort auf, dass den einzelnen Farbnuancen eine *Eigenschaft* und eine *Wirkung* zugeschrieben werden. Es ist anzumerken, dass manche *Eigenschaften* sich über zwei Farben erstrecken: Vernunft ist für Goethe Rot-Orange; der Verstand dafür Gelb-Grün; die Sinnlichkeit ist Grün-Blau und die Phantasie ist Violett-Rot. Rot steht an höchster Stelle und wird von ihm als *schön* angesehen und führt zum *edlen* Orange, das weiter vom *guten* Gelb zum *nützlichen* Grün (an tiefster Stelle), *gemeinem* Blau sich zum *unnötigen* Violett bewegt, bis der Kreis schließt. Somit entsteht bei Goethe eine **assoziative crossmodale Verbindung** zwischen einer **Farbe** und ihrer **Wirkung**. Auf dem rechten Bild (Abb. 21) wird ersichtlich, dass Goethe die drei Primärfarben und die sich daraus ergebenden drei Sekundärfarben in zwei sich überlappenden Dreiecken im Kreis darstellt und durch die kleinen Dreiecke die weiteren Farbtöne erklärt. Man

könnte spekulieren, ob die hier genannten *Wirkungen* so fließend ineinander übergehen wie die damit assoziierten Farben.

Im 19. Jh. widmet sich Hermann von Helmholtz seiner Theorie der Kombinationstöne, im Detail auch der **Klangfarbe** der verschiedenen **Musikinstrumente** und erarbeitet seine Harmonielehre (Silvestrini, N. / Fischer E. P., 2002, S. 72). 1867 findet man in seinem „Handbuch der psychologischen Optik“ eine chromatische Tonhöhe-Farb-Entsprechung, die die Schwingungsdauer der Lichtwelle und alle 12 Halbtonschritte berücksichtigt und diese wie folgend auflistet:

<i>Fis.</i> Ende des Roth	<i>fis.</i> Violett
<i>G.</i> Roth	<i>g.</i> Ueberviolett
<i>Gis.</i> Roth	<i>gis.</i> Ueberviolett
<i>A.</i> Roth	<i>a.</i> Ueberviolett
<i>B.</i> Rothorange	<i>b.</i> Ueberviolett
<i>H.</i> Orange	<i>h.</i> Ende des Sonnenspectr
<i>c.</i> Gelb	
<i>eis.</i> Grün	
<i>d.</i> Grünblau	
<i>dis.</i> Cyanblau	
<i>e.</i> Indigblau	
<i>f.</i> Violett.	

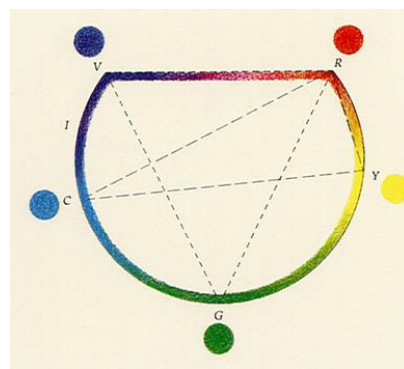


Abb. 22 Links: Chromatische Zuordnung der Farben zu den musikalischen Tönen (Helmholtz, 1867, S. 237)

Abb. 23 Rechts: „Farbkreis“ nach Helmholtz (Silvestrini, N. / Fischer E. P., 2002 S. 73).

Helmholtz definiert drei charakteristische Parameter (Variablen) der Farbe, die bis heute gängig sind: den Farbton, seine Sättigung und seine Helligkeit (Helmholtz, 1867, S. 280; S. 282; S. 291; Silvestrini, N. / Fischer E. P., 2002 S. 72–73). Der erste ist die *eigentliche Qualität einer Farbe* (Helmholtz, 1867, S. 233), welche sich entweder aus einer der drei einfachen Farben Rot, Grün und Blauviolett oder aus ihren Mischungen ergibt. Die Sättigung wird definiert als: „das Ausmaß, mit dem eine Farbe durch eine bestimmte Wellenlänge dominiert wird“. Eine Buntfarbe kann vergraut werden, ohne ihren Ton zu ändern. „Das unglückliche Wort ‚Sättigung‘ stammt aus der Chemie, wo eine gesättigte Lösung ihre Farbe nicht mehr ändert, wenn mehr Farbstoff hinzugefügt wird“ (ebenda, S. 234). Die Helligkeit ist die dritte Bezugsgröße, die eine Farbe ausmacht. Sie stellt eine Weiß- oder Schwarzbeimischung dar, „wobei Farben heller oder dunkler werden“ (ebenda, S. 233). Die abgeschnittene Kreisform ergibt sich daraus, dass für

Helmholtz der *Weg* von Violett zu Rot *kürzer* ist, da diese Farben beide Enden des sichtbaren Lichtspektrums repräsentieren. Die zwei Dreiecke Violett-Rot-Grün und Gelb-Cyanblau-Rot enthalten jeweils die Farben, die durch Mischungen dieser zustande kommen. Als problematisch hat sich aber hier die Tatsache erwiesen, dass somit viele Farben des Spektrums nicht erfasst werden (ebenda).

Die *Klangfarbe* der Musikinstrumente hängt nach Helmholtz von den *Eigenthümlichkeiten* des Klanges ab, also davon, wie der eine Ton beginnt, endet und sich bei andauerndem Klang verhält (Helmholtz, 1877, S. 116). Zusätzlich sind an der Klangproduktion Geräusche beteiligt, welche beim Anspielen entstehen und zu kleinen Unregelmäßigkeiten in der Luftbewegung führen (ebenda, S. 117).

Im 20. Jh. kommen mit der Forschungsentwicklung zahlreiche empirische Untersuchungen zustande, welche andere Aspekte der Klang-Farbe-CMC berücksichtigen. 1927 setzt sich Argelander mit dem **Farbenhören** und dem synästhetischen Faktor der Wahrnehmung auseinander (Argelander, 1927; Marks, 1975, S. 304), in den 1940er Jahre untersucht Karwoski et al. das „**synästhetische Denken**“ im Kontext einer visuellen Reaktion auf Musik etc. (Karwoski, 1942; Marks, 1975, S. 308; 312) Die schon chronologisch aufgelisteten und betrachteten Forschungsbeispiele über die CMC bei Kindern sprechen auch für ein großes Forschungsinteresse und einen großen Einsatz-Bereich – sowohl in der Wissenschaft, als auch im Alltag. Mit dem technischen Fortschritt werden immer mehr Designs und Tools entwickelt, welche von praktischem Nutzen nicht nur für ForscherInnen, sondern auch für den einzelnen Menschen (Lernhilfe-Tools z. B.) sein könnten (Spence / Di Stefano, 2022, S. 8).

In den 1970ern wird mithilfe von Sinuswellen die Tonhöhe (100-1000 Hz) in Verbindung mit den Farben Rot und Blau zu bringen, es konnte aber keine CMC dazwischen belegt werden (Bernstein / Earson / Schurmann 1971, S. 1163–1167). Die Versuche führen dazu, dass **CMC** sowohl mit **Sinustönen**, als auch mit **reinen Tönen** und mit **anderen Klängen** gebildet werden – ein Zusammenhang zwischen **Tonhöhe** und **Farbhelligkeit** wird bestätigt, wobei der **Farbton** mit der **Klangfarbe** in Verbindung gebracht wird (Ward, Huckstep / Tsanikos 2006, S. 264–280).

Parise und Spence formulieren 2012, dass synthetische Wellenformen unterschiedlich wahrgenommen werden. **Runde visuelle Stimuli** lassen sich in Verbindung mit **Sinuswellen** bringen im Gegensatz zu **Rechteckwellen**, die **kantigen visuellen Stimuli** zugeordnet werden (Parise, Spence 2012, S. 319–333).

Auch die Unterscheidung der Reizarten/Stimulitypen wird immer systematischer und genauer. Man klassifiziert die Stimuli als prothetisch, metathetisch, kreisförmig (amodal), polar etc., welche in der folgen Tab. 8 aufgelistet sind. Dadurch, könnte man meinen, wird es leichter sein, Ergebnisse verschiedener Studien miteinander zu vergleichen und einheitlichere Schlussfolgerungen daraus zu ziehen.

Organization	Relevant examples	References
Prothetic ('How much')	Intensity; Magnitude; Loudness; Brightness; (Visual) lightness;* Heaviness; Duration; Roughness; Area; Apparent length Saturation (of red)	Stevens (1957)  Panek and Stevens (1966)
Metathetic ('What kind' or 'Where')	Laterality; Pitch; Hue category; Position Shape	Stevens (1957) Smith and Sera (1992)
Polar	Elevation (Up-down); Size (big-small);  Bitter-sweet  Various semantic differential scales	Clark (1970); cf. Gardner (1974); Proctor and Cho (2006) Crisinel et al. (2012); though see Watson and Gunter (2017) e.g., Wicker (1968); Oyama et al. (1998); Pedović and Stosić (2018)
Circular Amodal (Universal)	Hue; Pitch Sensory brightness; Intensity; Rate; Duration; Spatial location; Spatial extent; Rhythm; Shape Size; Texture; Flexibility; Duration; Intensity	Pridmore (1992) Von Hornbostel (1931, 1950); Lewkowicz and Turkewitz (1980); cf. Smith (1987) Walker-Andrews (1994)
No obvious organizational principle	The class of all basic tastes (sweet, sour, bitter, salty, umami); The class of all odorants/flavours (e.g., creamy, meaty, floral, citrus, herbal)	

\*According to Marks (1987), while visual lightness is a prothetic dimension, it is extremely unusual in as much as which end of the dimension is associated with 'more', and which with 'less', varies between individuals. Note that a given dimension of perceptual experience (e.g., brightness or pitch) can appear in more than one organizational category.

*Tab. 8: Mutmaßliche Organisationsprinzipien, die verschiedenen Dimensionen der Wahrnehmungserfahrung zugrunde liegen, und unterstützende Referenzen, Spence / Di Stefano, 2022, S. 3.*

Bei den prothetischen Stimuli z. B. wie Umfang, Lautstärke, etc. handelt es sich beim Vergleich um die Frage „wie viel?“. Bei den metastatischen Stimuli wie Tonhöhe, Form oder Sättigung fragt man nach der Art oder nach der Position (Was?/Wo?) der Reizquelle usw.

**Spence und die Stefano betonen in weiterer Folge, wie wichtig die Berücksichtigung von polaren Dimensionen für die Forschung mit Kindern als TeilnehmerInnen ist (Spence / Di Stefano, 2022, S. 4).**

### **3.6. Zusammenfassung**

Crossmodal Correspondences, die assoziativen Verknüpfungen von Sinneswahrnehmungen aus verschiedenen Modalitäten, welche im Alltag allgemein sämtliche Menschen betreffen, bilden ein breites und vielschichtiges Forschungsgebiet, das mehrere Wissenschaften umfassen kann. Allein im musikalischen Kontext arbeiten Wahrnehmungs-, Entwicklungs- u. a. Psychologen, Sprach-, Neuro-, Musikwissenschaftler, Theoretiker, Analytiker etc. zusammen um die Beziehungen, ihren Ursprung, ihr Zusammenspiel und Wirkung auf die Reizrezeption und -reaktion zu erklären. Im musikalischen Kontext sind die schon näher betrachteten allgemein vertretenen Beziehungen wie z. B. von hoher **Frequenz/Tonhöhe** und **Farbhelligkeit/kleiner Objektgröße/spitzer Form belegt**. Aus dem Exkurs wird klar, dass die Anfänge dieser multisensorischen Wahrnehmung in der frühen Kindheit liegen, sodass sie möglicherweise angeboren oder sehr früh erworben werden. Wenn die Assoziationen auf Erfahrungen und kognitiv erlerntem Wissen beruhen – handelt es sich um CMC. Wenn die Verknüpfungen unwillkürlich, spontan und streng subjektiv auftreten und unterschiedlichste Reizreaktionen hervorrufen, welche das ganze Leben lang eher konstant bleiben – spricht man vom Wahrnehmungsphänomen Synästhesie.

## 4. Synästhesie und Farbwahrnehmung

### 4.1. Definitionen

Bei der Synästhesie handelt es sich um ein Wahrnehmungsphänomen der spontanen und unwillkürlichen Verknüpfung von zwei oder mehreren heterogenen Sinnesqualitäten (Schlemmer; Hemming, 2018, S. 604). Demzufolge könnte man den aus dem Griechischen (συναίσθησθαι; *Mit-/Zusammenempfindung*) stammenden Begriff als eine Art nicht willkürlich steuerbare gleichzeitig stattfindende Verknüpfung von Sinneseindrücken, ausgelöst durch ein und denselben Reiz, erklären. Dieses Mitempfinden wird durch einen Stimulus aus der Umgebung ausgelöst, welcher aber in mehreren Sinnes-Modalitäten parallel verarbeitet wird – z. B. gleichzeitig auditiv und visuell (Ansorge, Leder, 2011, S. 139). Laut Havekamp drückt sich diese Zusammen-Wahrnehmung mit einem zusätzlichen Auftreten *eines Sinneseindruckes bei Reizung eines anderen Sinnes* aus (Havekamp, 2006, S. 39).

Ergänzend kann man mit Cytowic (1989, S. 849) hinzufügen, dass es sich beim Phänomen um *a rare condition* handelt, wobei Cytowic sogar auf eine mögliche zeitgleiche Aktivierung **aller** fünf Sinne hinweist. Aus seiner Perspektive (und aus der Perspektive einer Person mit synästhetischer Wahrnehmung) sollte man den Ausdruck „I see what you’re saying,“ wörtlich nehmen (ebenda, S. 849)

Primär untersucht wird diese besondere Art Umgebungsreize miteinander zu verbinden, von der Neurowissenschaft (z. B. Cytowic, 1989, S. 849) und von der Wahrnehmungs-/Musikpsychologie (z. B. Jewanski, 2013, S. 380–383; Schlemmer; Hemming, 2018, S. 604; Spence; Di Stefano, 2022, S. 18 u. a.).

### 4.2. Arten von Synästhesie

Im Buch „Farbe – Licht – Musik: Synästhesie und Farblichtmusik“ (Jewanski / Sidler Hrsg., 2006) findet man im Artikel zur Synästhesie (Day, 2006) folgende Übersicht über die zehn meist verbreiteten Synästhesie-Arten:

## Die zehn häufigsten Arten der Synästhesie

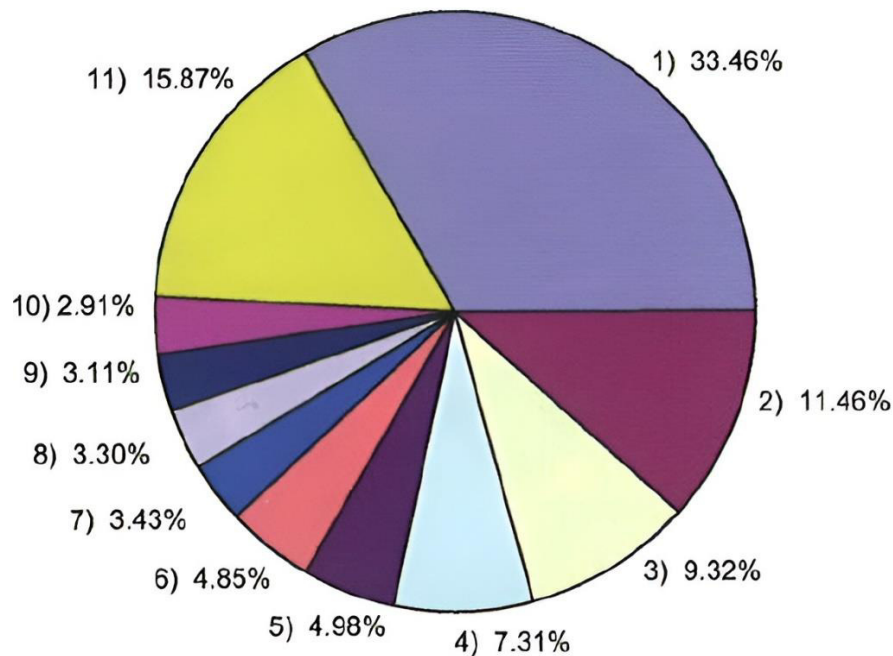


Abb. 25.: Die zehn häufigsten Arten der Synästhesie (Day, 2006, S. 19).

Es fällt auf, dass als meist verbreitet die Verbindung von Farben mit Zahlen/Buchstaben (Nr. 1; 33,46%) bzw. Zeitmaß-Einheiten (Nr. 2; 11,46%) gelten. An dritter und vierter Stelle kommen die farblichen Verbindungen mit musikalischen (Nr.3; 9,32%) und allgemeinen (Nr. 4; 7,31%) Klängen, gefolgt von Lauten (Nr. 5; 4,98%) und musikalischen Tönen (Nr. 6; 4,85%). Die unwillkürlichen Farb-Assoziationen von Gerüchen (Nr. 7; 3,43%) und Geschmäckern (Nr. 8; 3,30%) scheinen relativ wenig ausgeprägt zu sein. Selten kommen die Synästhesien von Klängen und Farben (Nr. 9; 3,11%), sowie von Schmerz und Farben (Nr.10; 2,91%) vor, jedoch darf nicht vernachlässigt werden, dass in der letzten Kategorie (Nr. 11, sonstige 15,87%) mehrere noch seltener nachgewiesene Arten von Synästhesie zusammengefasst wurden.

Eine weitere, sehr detaillierte Darstellung der Typen von Synästhesie findet man bei Sean A. Day auch 10 Jahre später. Ihm zufolge sollten mindestens 80 unterschiedliche Typen von Synästhesie vertreten sein (Day, 2016, S.13; Jewanski et al., 2017, S. 130). Er unterteilt diese in seinem Handbuch über Synästhesie grob in zwei Arten: sensorische und kognitive. Die **sensorische** Synästhesie, welche zunächst über 77 (Day, 2016, S. 1) und ein Jahr später über 80

(2017, s. o.) Typen aufweist, wurde denn schon erläutert. Diese wird oft auch starke oder echte Synästhesie genannt, da sie unwillkürlich, abstrakt ist und dauerhaft bleibt (Jewanski, Sidler 2006, S. 28). Die **kognitive** oder **ordinale** Synästhesie, beruht auf erlerntem Wissen, welches kulturell und umfeldbedingt ist. Die s. g. Ordinalsequenzsynästhesie betrifft mit einer Farbe verknüpfte Zahlen und Buchstabenzeichen (Grapheme), Zeiteinheiten und musikalische Noten/Tasten (Day, 2016, S. 1). Da sich diese Art auf Basis von Assoziationen ereignet, lässt sie sich als Crossmodal Correspondences (CMC) bezeichnen, d. h. mit willkürlichen Assoziationen zwischen den Sinnen mit gesellschaftlich allgemein verbreiteter Ausprägung.

Die Arten von Synästhesie sind bei Day wie schon erwähnt weitaus mehr. Er fasst diese in folgender Tabelle zusammen:

	emotions	flavors	graphemes	kinetics	lexeme	music note	music sound	odors	orgasm	pain	pers.	phon.	prop.	sound	spat. loc.	temp.	time	touch	vision/color	
emotions	black	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red
flavors	red	black	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red
graphemes	red	red	black	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red
kinetics	red	red	red	black	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red
lexeme	red	red	red	red	black	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red
music note	red	red	red	red	red	black	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red
music sound	red	red	red	red	red	red	black	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red
odors	red	red	red	red	red	red	red	black	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red
orgasm	red	red	red	red	red	red	red	red	black	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red
pain	red	red	red	red	red	red	red	red	red	black	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red
personality	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	black	red	red	red	red	red	red	red	red	red
phoneme	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	black	red	red	red	red	red	red	red	red
prop.	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	black	red	red	red	red	red	red	red
sound	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	black	red	red	red	red	red	red
spatial loc.	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	black	red	red	red	red	red
temp.	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	black	red	red	red	red
time	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	black	red	red	red
touch	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	black	red	red
vision/color	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	black

Tab. 9: Synästhesiearten nach Sean A. Day (2016, S. 15).

Dieser Tabelle sind **alle derzeit denkbaren 73** Synästhesie-Kombinationen zu entnehmen. Die vertikale Spalte auf der linken Seite zeigt den Reizauslöser und die horizontale Reihe – das synästhetische Wahrnehmungsergebnis. Die schwarzen Felder geben an, wo keine Synästhesie auftreten kann. Bis jetzt wurden nur die weiß gekennzeichneten Kombinationen von Synästhesie beobachtet. Es sollte allerdings berücksichtigt werden, wie Day selber hervorhebt, dass einige dieser Typen eventuell sehr selten bzw. gar nicht auftreten könnten. Auf diese Weise lässt sich der Anzahlunterschied zwischen der Tabelle und der davor von Day genannten Typenanzahl erklären (Day, 2016, S.15).

### 4.3. Testverfahren – die *Synesthesia Battery* (2011)

Um die SynästhetikerInnen nach möglichst objektiven und validen Kriterien zu finden und zu testen, gibt es seit 2011 die s. g. *Synesthesia Battery*. In einer Online-Studie prüfen Novich, Cheng und Eagleman (2011) anhand dieses standardisierten Testverfahrens 19.133 SynästhetikerInnen auf 22 Synästhesiearten (Schlemmer; Hemming, 2018, S. 606–607). Insgesamt 12.127 Personen wurden dabei als "wahre" SynästhetikerInnen ermittelt, ihre Ergebnisse wurden mithilfe einer Faktorenanalyse ausgewertet. Die Personen mit synästhetischer Wahrnehmung wurden danach den folgenden fünf Gruppen zugeordnet:

- “1. Coloured Sequence (z. B. Wochentage, Buchstaben zu Farben)
2. Musical Colours (z. B. Tonhöhen, Akkorde, Klangfarben zu Farben)
3. Coloured Sensation Synaesthesias (z. B. Schmerz, Emotion zu Farben)
4. Non-Visual Sequelae (z. B. Klang zu Geruch oder Buchstaben zu Geschmack)
5. Spatial Sequence Synaesthesia (z. B. Wochentage zu räumlicher Anordnung)“

(Schlemmer; Hemming, 2018, S. 607)

Die meistvertretenen Gruppen bei dieser Aufzählung sind die Gruppen 1 und 3. Wie sind aber all diese Synästhesie-Arten zustande gekommen? Wo hat dieses Phänomen seine Anfänge in der menschlichen Entwicklung und welche sind seine Besonderheiten? Diese und weitere Fragen werden im folgenden Unterkapitel näher beleuchtet.

### 4.4. Physiologische Ursachen für die „Entstehung“ von Synästhesie

Im Zusammenhang mit einem so komplexen Phänomen mit vielen unterschiedlichen Typen und Besonderheiten ist zu vermuten, dass es nicht leicht sein wird, in den letzten 150 Forschungsjahren eine einheitliche Hypothese zu finden, welche den Ursprung, die Charakteristika und die Erscheinungsvielfalt der Synästhesie punktuell erfassen könnte. Hier steht besonders die Frage im Raum, ob dieses Phänomen angeboren oder erlernbar sei.

Schon 1975 vermutet Lawrence Marks, einer der Pioniere in der Synästhesie-Forschung, die Unzulänglichkeit der bis zu diesem Moment vorhandenen Hypothesen. Er geht den potentiellen Gründen für ihre Entstehung nach und vermutet sowohl neurologische [angeborene] Faktoren, als auch angelernte Erfahrungen als mögliche Gründe dafür (Marks, 1975, S. 324–327), die sich nicht gegenseitig ausschließen müssen (Harrison, 2007, S. 212–213). Die Annahme einer angeborenen Befähigung zur Synästhesie könnte die Beobachtung erklären, warum dieses Phänomen häufig bei Kindern nachgewiesen wird (Marks, 1975, S. 326): Kinder sind noch weniger durch die Sprache und assoziative Erfahrungen beeinflusst. Schon ab dem frühen Kindesalter werden im Lernprozess synästhetische Erlebnisse gezielt eingesetzt, um das Wissen bei Kindern zu festigen. Deshalb ist es schwer zu beantworten, ob es sich um ein angeborenes oder später entwickeltes Phänomen handelt.

Harrison weist darauf hin, dass Erlebnisse von Patienten nach Traumata oder nach Drogenkonsum, welche eine ähnliche Ausprägung haben, nicht unbedingt als *Synästhesie* bezeichnet werden sollten. Ein Drogenkonsum (z. B. von LSD) aktiviert zwar auch andere zusätzliche Zentren im Gehirn, die nicht für die Klang- oder Farbwahrnehmung zuständig sind, welche aber trotzdem zu Klang-Farb-Wahrnehmungen führen. In diesem Fall spricht man von **idiopathischer** Synästhesie (Harrison, 2007, S. 198-199). Man findet in der Literatur (z. B. bei: Hofmann, 1980; Harrison, 2001; Sacks, 2012; u. a.) Hinweise darauf, dass LSD und andere ähnlich wirkende Substanzen die Rezeptoren für die Serotoninproduktion verstärken. Die in den *Raphe-Kernen* und dem *Locus caeruleus* des Gehirns positionierten *Schnittstellen* könnten eine multi-sensorische, synästhesieähnliche Wahrnehmung als Folge haben (Harrison, 2007, S. 199). Ihre Lokalisierung ist auf der unteren Abbildung ersichtlich:

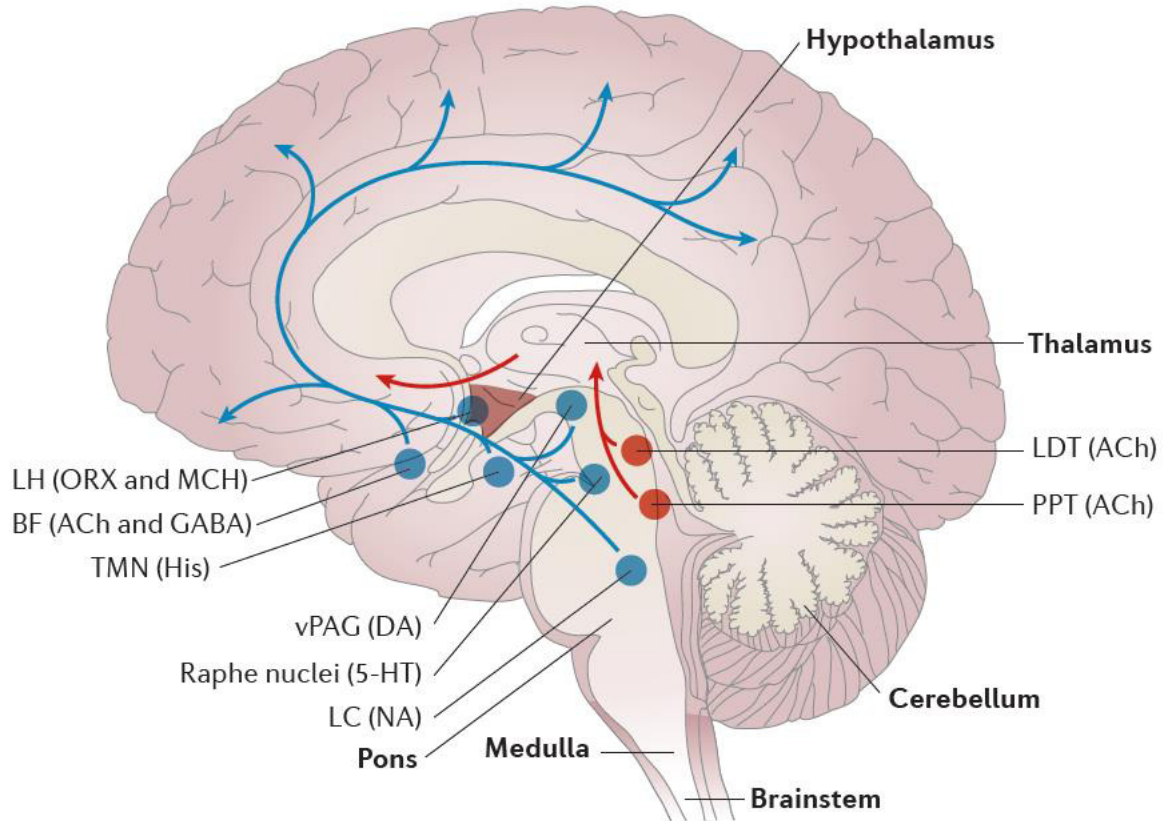


Abb. Nr. 26 Die verschiedenen Neurotransmitter, die Lage der Raphe-Kerne (Rape nuclei) und des Locus caeruleus (LC; NA) im Gehirn, welche Wachsamkeit, Aufmerksamkeit und Kognition steuern. Die Raphe-Kerne und der Locus caeruleus werden unter Alkohol und drogenartigen Substanzen aktiviert und scheinen einen Einfluss auf mehrere Hirnarealen zu haben, sodass dadurch multisensorische Erlebnisse hervorgerufen werden. Der aufsteigende Erregungsweg ist in blau gekennzeichnet, der absteigende – in rot. (Morin et al., 2015, S. 8).

Mithilfe von anonymen online-Fragebögen sammelt das *Council on Spiritual Practices* (<https://psychedelics.berkeley.edu/substance/lsd/>) Daten ein, die ausgewertet werden, aber nicht als relevante und ausschlaggebende Forschungsergebnisse verwendet werden können (Harrison, 2007, S. 198). Eine *richtige* Studie mit Versuchspersonen unter Drogeneinfluss wäre problematisch, da dieser illegal ist, so Harrison. Er kommt zur Schlussfolgerung, dass der Begriff in diesem Kontext nicht korrekt verwendet wird. An dieser Stelle soll aber u. a. erwähnt werden, dass sind auch therapeutische LSD-Anwendungsansätze bekannt sind, um „Abwehr- und Selektionsmechanismen der Psyche zu schwächen und um somit einen ungebremsten Assoziationsfluss für die Themen der Psychotherapie hervorzubringen“ (Fachner, 2005, S. 63). Viel häufiger

werden psychodelische Substanzen bewusst konsumiert um die Wahrnehmung von Musik zu intensivieren und den Zustand des multisensorischen Erlebens zu erreichen (Fachner, 2018, S. 674). Das Thema Musik, Drogen und Synästhesie kann also zu Verwirrung und Unklarheiten in Bezug auf den Ursprung, auf das „Wesen“ und auf die Besonderheiten des Phänomens führen. Es wäre es an dieser Stelle angebracht, sich mit einigen Hypothesen auseinanderzusetzen.

Die *Neonatal-Synesthesia-Hypothese* von Maurer (1993) besagt, dass „die Wahrnehmung typischer (d. h. durchschnittlicher) Säuglinge stärker durch die cross-modale Aktivierung beeinflusst wird als die Wahrnehmung nicht-synästhetischer Erwachsener, vielleicht sogar bis zu dem Punkt, dass ein Induktor in einer Modalität eine bewusste synästhetische Wahrnehmung in einer anderen Modalität oder entlang einer anderen Dimension induzieren kann“ (Maurer et al., 2013, S. 49). Das würde bedeuten, dass Neugeborene *prinzipiell* eine größere Affinität zur synästhetischen Wahrnehmung haben als durchschnittliche Erwachsene ohne Synästhesie. Daraus lässt sich schließen, dass bei der Geburt und bei Neugeborenen viele Gehirnarealverbindungen existieren, die im Laufe der Entwicklung „abgebaut“ werden, da sie zu einem späteren Zeitpunkt nicht *gebraucht* werden. Dieser Prozess wird mit *pruning* bezeichnet und ist genetisch beeinflussbar. Bei erwachsenen SynästhetikerInnen soll dieser im Unterschied zu typischen Erwachsenen weniger stark ausgeprägt sein und die komplexe Sinnesverarbeitung erklären (Maurer et al., 2004, S.133–134; Schlemmer; Hemming, 2018, S. 608).

Vom Prozess der Apoptose, vom „Selbstmord“ der Zellen, die im Laufe der Entwicklung nicht mehr gebraucht werden, spricht auch Harrison (2007) und behauptet, dass eine Veranlagung zur Synästhesie dann besteht, wenn im Erwachsenenalter noch Nervenbahnen aus dem Säuglingsalter vorhanden sind – d. h. wenn die Apoptose, die die entsprechenden Nervenbahnen üblicherweise verschwinden lässt, sich nicht oder nicht vollständig einsetzt. Wahrscheinlich wird die Apoptose oder ihre Verhinderung von chemisch vorprogrammierten Signalmolekülen verursacht, sodass zwischen den Hör- und Sehzentren im Gehirn Verknüpfungen bestehen bleiben, welche die multisensorischen Erlebnisse entstehen lassen (Harrison, 2007, S. 206).

1993 findet Richard Cytowic Parallelen zwischen dem Synästhesie-Phänomen und einem Migräneanfall, da bei beiden durch einen distanten Stimulus Veränderungen des Stoffwechsels und der Durchblutung des Gehirns verursacht werden. Er nimmt an, dass bei der

Reizverarbeitung einzelne Gehirnareale, welche normalerweise miteinander arbeiten, voneinander getrennt werden und dass dadurch Prozesse im limbischen System aktiviert werden, welche in weiterer Folge die synästhetische Wahrnehmung auslösen (Cytowic, 1995, S. 200–201; Harrison, 2007, S. 204). Cytowic spricht von der Abkoppelung einzelner *Gehirnteile*, „wodurch normale Prozesse des limbischen Systems freigesetzt dem Bewusstsein zugänglich und als Synästhesie wahrgenommen werden“ (Cytowic, 1995, S. 185). Mithilfe von SPECT-Analysen (SPECT – Single-Photon-Emissionscomputertomografie) von Patienten sucht Cytowic nach Hinweisen für die Deaktivierung einzelner Kortex-Areale. Da das limbische System die emotionalen und die Gedächtnisprozesse gemeinsam mit den inhibitorischen Prozessen (oder auch Hemmprozessen) steuert, lässt sich annehmen, dass es auch die synästhetischen Wahrnehmungen beeinflussen könnte (Schlemmer; Hemming, 2018, S. 608).

Nach Cytowic (1995, S. 189) sprechen folgende Punkte dafür, dass das limbische System bei der Entstehung von Synästhesie eine bevorzugte Rolle einnimmt:

1. Die Informationsübermittlung geschieht nicht linear entlang der Nervenbahnen, sondern parallel, simultan und sowohl in afferenten (vom Sinnesorgan zum Gehirn) als auch in efferenten Richtungen (vom Gehirn zum Sinnesorgan).
2. Es gibt keine fixe Lokalisierung einer Gehirnfunktion, es handelt sich um ein verteiltes System, sodass mehrere Gehirnfunktionen im gleichen Stück Gewebe lokalisiert werden können.
3. Im Kortex wird die von den Rezeptoren aus Umfeld aufgenommene Information (*das Abbild der Wirklichkeit*) analysiert und verarbeitet, im limbischen System wird diese *bewertet*.
4. Das menschliche Verhalten ist aus diesem Grund von der emotionalen und nicht der rationalen Bewertung bestimmt.
5. „In gleicher Weise sind alle Analogien, die den Geist mit einer Maschine vergleichen, unangemessen, denn *es ist das Gefühl, und nicht so sehr der Verstand, was unser Menschsein ausmacht*“.

Leider lassen sich, so Harrison, mithilfe von SPECT tiefer liegende Hirnstrukturen wie das limbische System nicht abbilden (Harrison, 2007, S. 204). Allerdings lässt sich mithilfe von

funktioneller Magnetresonanz (f-Mrt) die Aktivität im Kortex (V4) beobachten, welche bei der synästhetischen (genauso wie bei normaler) Wahrnehmung von Wörtern und Farben hervorgerufen wird (Baudson, 2011, S. 136).

Nach diesem Überblick könnte man eventuell nachvollziehen, warum die *Cytowic-Hypothese* umstritten wurde (Harrison, 2007, S. 204).

Nach Harrison (2007, S. 168) lässt sich bei 25% aller zur Synästhesie veranlagten Personen mindestens ein naher Verwandter mit der gleichen Veranlagung nachweisen. In dem Fragebogen zu seiner Studie wurde u. a. auch nach den Familienangehörigen gefragt und man konnte eine höhere Synästhesiequote bei Nachkommen von von Synästhesie betroffenen Frauen erfassen.

Die Erbschaft von Synästhesie aufgrund der oben genannten Ergebnisse sieht schematisch abgebildet folgend aus:

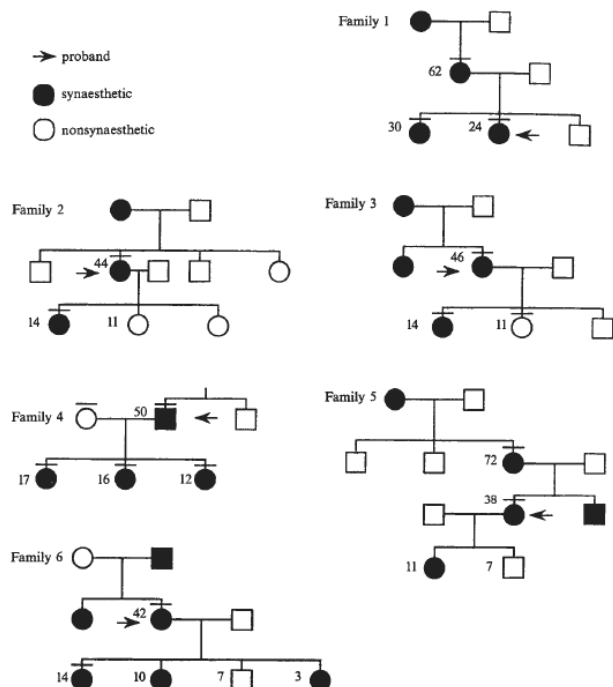


Abb. 27: Vererbung von Synästhesie nach der Studie von Baron-Cohen. Das Geschlecht wird durch ein Quadrat (männlich) oder einen Kreis (weiblich) symbolisiert (Baron-Cohen, 1996, S. 1079)

In Abb. 27 werden die Stammbäume von sechs synästhetisch veranlagten Personen dargestellt. Die getestete Person ist mit einem Pfeil gekennzeichnet, das Alter ist auch vermerkt, die verbindenden Linien geben die tatsächlich getesteten Personen an, bei den anderen beruhen die Daten auf Aussagen der getesteten Familienmitglieder. Es zeigt sich insgesamt eine Prävalenzrate (die Wahrscheinlichkeit, dass Synästhesie vererbt wird) von 48%. Bei acht von 11 weiblichen Personen der Kindergeneration ist die Synästhesie bestätigt. Dies entspricht einer Wahrscheinlichkeit von Vererbung von Synästhesie auf die Töchtergeneration von 72%. Bei den männlichen synästhetisch veranlagten Personen ist die Vererbwahrscheinlichkeit 25% (Baron-Cohen, 1996, S. 1077; Harrison, 2007, S. 190). Harrison vermutet, dass bei synästhetisch veranlagten Menschen die Verbindung zwischen Seh- und Hörzentrum im Gehirn, die normalerweise 3 Monate nach der Geburt verloren geht, erhalten bleibt. Diese Vermutung würde die *Neonatal-Synaesthesia-Hypothese* von Maurer durchaus bestätigen (Harrison, 2007, S. 190).

Baron-Cohen betrachtet diese „Dominanz“ der Frauen mit Synästhesie kritisch und erklärt dieses vermeintliche Übergewicht aufgrund einer möglichen Verzerrung der Selbsteinschätzung bei den Selbstauskunftsangaben in früheren Studien (vor Simners Studie 2006). Nach ihm berichten Frauen grundsätzlich häufiger als Männer über atypisches Verhalten (Johnson / Allison / Baron-Cohen et al., 2013, S. 17). 2015 setzen sich mit diesen Unklarheiten über die Mehrheit der von Synästhesie betroffenen Frauen auch Simner und Carmichael auseinander. Mittels dem Consistency Test aus der Synesthesia Battery (Eagleman et al., 2007), angewendet an 3893 TeilnehmerInnen (2135 Frauen und 1758 Männer) werden 54 SynästhetikerInnen ermittelt. Man stellt fest, dass die Geschlechterverteilung nahezu gleich ist: 1,3:1 – 33 Frauen und 21 Männer (Simner / Carmichael, 2015, S. 75).

Des Weiteren weist Baron-Cohen darauf hin, dass man auch die Zusammenhänge zwischen Synästhesie und Epilepsie bzw. Autismusspektrumstörung untersuchen sollte, da diese Störungen als Merkmal auch sensorische Atopien (Überempfindlichkeiten) aufweisen (Johnson / Allison / Baron-Cohen et al., 2013, S. 18–19). Einige Forschungsstudien (z. B. Baron-Cohen, 2007; Bouvet et al. 2019 u. a.) haben ergeben, dass einerseits bei von Autismus betroffenen Personen Synästhesie häufiger auftritt, und andererseits, dass bei SynästhetikerInnen autistische Züge häufiger vorkommen (Van Leeuwena et al, 2020, S. 442). Weiterhin berichten von Van Leeuwena et al., dass sowohl die Synästhesie, als auch die autistische Störung mithilfe des

Familienstammbaumes nachverfolgbar sind. Im Falle, dass beide Wahrnehmungsphänomene gleichzeitig vererbt werden, könnten sich (künstlerische) Talente extrem *öffnen*.

Die *Crosstalk-Hypothese/Cross-wiring* (nach Ramachandran & Hubbard, 2001, S. 982) erklärt das Phänomen aufgrund der sich teilweise überlappenden neuronalen Verbindungen zwischen den nahliegenden Gehirnarealen in der Hirnrinde, d. h. aufgrund dieser Verbindungen entstehen multisensorische Wahrnehmungen. Man spricht von Verbindungen zweier Sinnesmodalitäten bzw. zweier Gehirnbereiche mit der gleichen Modalität. Als Beispiel wird die Verarbeitung im visuellen Kortex sowohl von Farb-verbundenen Reizen, als auch von Buchstaben genannt (Schlemmer / Hemming, 2018, S. 607).

Laut der *Disinhibited-Feedback-Hypothese* (Grossenbacher / Lovelace, 2001, S. 40) werden bei der gewöhnlichen Reizverarbeitung irrelevantere Aktivierungen auf niedrigeren Verarbeitungsebenen unterdrückt. Da diese Hemmung (*inhibition*) bei SynästhetikerInnen schwächer ausgeprägt ist, werden dadurch die Zusatzempfindungen ausgelöst. Es gibt aber laut Grossenbacher und Lovelace keine strukturellen Unterschiede zwischen dem Gehirn von SynästhetikerInnen und diesen von NichtsynästhetikerInnen (Schlemmer & Hemming, 2018, S. 608). Auch von Grossenbacher und Lovelace werden die synästhesie-ähnlichen Erfahrungen nach einem Drogenkonsum thematisiert und es wird auch von Erblichkeit berichtet. Sie betrachten die Synästhesie als „entirely mediated by neural connections that exist in normal adult human brains“ (Grossenbacher / Lovelace, 2001, S. 40).

Laut Jewanski handelt es sich bei der Synästhesie um eine meistens angeborene Fähigkeit (Jewanski, 2017, S. 134), die durch Lernprozesse im frühen Kindesalter beeinflusst werden kann – z. B. werden oft bei den Buchstaben (oder Zahlenübungen) Farben deshalb verwendet, damit sie den Lernprozess spielerischer gestalten und somit auch erleichtern (Witthoft; Winawer; Eagleman, 2015, S. 1–2). Es stellt sich hier die Frage danach, wie die Entwicklung bei SynästhetikerInnen abläuft, ob sie bestimmte Lernmechanismen anwenden und inwieweit sich diese Personen von den gelernten Inhalten *prägen* lassen. Andere Faktoren wie das Erlernen der Muttersprache (bzw. das Erlernen einer weiteren Sprache im späteren Alter) spielen auch eine Rolle, da der Silben- und Wortklang intuitive Assoziationen hervorrufen kann (Jewanski, 2017, S. 134).

Die bis hier genannten Hypothesen gehen davon aus, dass die Synästhesie ein unwillkürlich passierendes und nicht steuerbares Phänomen ist. Jedoch gibt es auch Vermutungen und Forschungen z. B. im Prometheus-Center an der Technischen Universität Kasan (Tatarstan), die davon ausgehen, dass Synästhesie u. a. auch erlernbar wäre. 2014 kommt Sidoroff-Dorso aus der Staatlichen Pädagogischen Universität in Moskau mit dieser Hypothese an die Öffentlichkeit und widmet sich der neurowissenschaftlich beeinflussten Synästhesieforschung (Schlemmer & Hemming, 2018, S. 609). Mehr über die Forschungsgeschichte, über die ausschlaggebende Fachliteratur und die bedeutungsvollen aber im westeuropäischen Raum noch nicht so bekannten Studienergebnisse erfährt man im Buch *Synästhesieforschung am ›Prometheus‹ in Kazan', Russland, Eine Bibliographie der 18 Kongressberichte 1967–2015* von Jewanski und Maksimova, (2019). Aus den Kongressberichten geht hervor, dass es sich hier meistens um CMC-Studien handelt und nicht um eine *richtige* Synästhesieforschung.

Ein Trainingsprogramm, um bei Erwachsenen synästhetische Erlebnisse zu provozieren, wird genau im Artikel „Adults can be trained to acquire synesthetic experiences“ erläutert (Bor et al, 2014). Es wird eine Studie im Rahmen eines mehrwöchigen Übungsprogramms entwickelt, mit dem Ziel die Grapheme-Colour-Synästhesie zu fördern. Bei dieser Studie werden die 33 TeilnehmerInnen erwachsenen Alters (Studenten aus der Universität in Sussex) vor dem Übungsprogramm, währenddessen und nachher getestet. Vor und nach der 30-minütigen Training-Sitzung mit 4-5 Aufgaben pro Tag wurden an fünf Tagen die Woche durchgeführt. Zusätzlich kamen ca. 3-Stunden pro Woche auch Tests dazu, welche die IQ-Werte, das Arbeits- und Langzeitgedächtnis u. a. ermittelten (Bor et al., 2014, S. 2). Das Programm erstreckt sich über neun Wochen, eine Kontrolluntersuchung wird nach drei Monaten durchgeführt. Woche für Woche werden einzelne Aufgaben durch neue ersetzt, Hausübungen wie z. B. Bücher mit farbigen Buchstaben zu lesen werden ausgeteilt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich Buchstaben-Farb-Assoziationen über einen längeren Zeitraum mit passenden Übungen erfolgreich lernen lassen (Bor et al., 2014, S. 3). Nach dem Abschluss des Experiments wird diese Hypothese bestätigt, außerdem sind bei den TeilnehmerInnen durch das Training auch verbesserte IQ-Tests-Werte zu beobachten. Es wird jedoch betont, dass diese Ergebnisse dem Arbeitsgedächtnistraining und nicht unbedingt der eintrainierten multisensorischen Merkmale zu verdanken sind (Bor et al, 2014, S. 6).

Auch in diesem Fall sollte man überlegen, ob der Synästhesie-Begriff benutzt werden dürfte, oder ob man hier nicht von einer Art automatisierter (Gewohnheits)Wahrnehmung oder von eintrainierten CMC sprechen sollte. Normalerweise tritt eine Synästhesie regelmäßig und unwillkürlich auf, sodass es die betroffenen Personen lebenslang begleitet. Im Zusammenhang mit einem mehrwöchigen Übungsplan ist sie eingeübt und konditioniert. Da somit die Ausprägung sehr unterschiedlich ist, wird die Problematik des Begriffs von den Wissenschaftlern immer wieder aufgegriffen. In „One-shot synesthesia“ wird neben einigen besonderen Fällen von „einmalig erscheinende Synästhesie“ auch diese geschildert (Kirschner; Nikolic, 2017, S. 167). Es wäre denkbar, in diesem Kontext das neukreierte Fachwort *ideasthesia* (*idea*=Konzept; *aesthetics*=Vereinigung der Sinne) zu verwenden, um *sensing concepts* auszudrücken. (ebenda, S. 167). Diese Aufarbeitung würde aber den Rahmen dieser Arbeit sprengen und wird nur im Kontext der Unterscheidung vom Fachbegriff *Crossmodal correspondences* angeschnitten.

#### 4.5. Synästhesie bei Kindern

Bis jetzt wurden das Wesen, die Arten von Synästhesie angesprochen. Da Forscher wie Cytowic, Harrison, Jewansky u. a. die Anfänge der multisensorischen Wahrnehmung in der Kindheit begründen, wäre es an dieser Stelle notwendig, sich genauer mit der Ausprägung bei Kindern auseinanderzusetzen.

1848 berichtet William Krohn in einem Brief (Jewanski, 2013, S. 371), über Ellen Tucker Emerson, die damals im Alter von acht Jahren Wochentage, Buchstaben und Zahlen in verschiedenen Farben wahrnahm (Jewanski et al., 2017, S. 130–131). Historisch gesehen ist ihr Fall u. a. so bedeutend, weil es sich um das erste Kind, außerhalb von Europa, (in den USA) und um die erste weibliche Person mit Synästhesie handelt, von welcher sogar ein Foto überliefert ist (s. Abb. 28).



*Abb. 28: Ellen Tucker (rechts), das erste Kind mit dokumentierter Synästhesie, von welchem ein Foto überliefert ist, mit ihrer jüngeren Schwester (links), (Jewanski, 2017, S. 131).*

Francis Galton führte 1880 eine erste Fragebogen-Studie zu „Grad und Wiese“ der Synästhesie bei Kindern durch, nach der die synästhetische Wahrnehmungsfähigkeit bei Kindern häufiger auftritt als bei Erwachsenen (Jewanski et al, 2017, S. 131–132). Dieses Ergebnis könnte als Hinweis darauf interpretiert werden, dass die Ursprünge der Synästhesie in der Kindheit lägen. Aus der weiteren Auseinandersetzung würde sich auch die Frage stellen, ob sie angeboren oder erlernbar wäre.

Eine weitere bedeutende Studie, welche sich über mehrere Jahre erstreckt, ist die von Edward S. Holden, der seine Tochter und ihre Wahrnehmung von 1882-1906 (mit 7 Jahren beginnend) dokumentierte. Über die Jahre bemerkte Holden nur wenige Veränderungen in der Helligkeit und in den Farbnuancen, welche seine Tochter wahrnahm. Erst 2008 ist erste noch längere Studie (Simner / Logie, 2008) bekannt geworden. Diese beginnt aber nicht in der Kindheit, sondern in der späten Pubertät der Versuchsperson und verfolgt die Synästhesie bis in ihre 40er Jahre (Jewanski et al., 2017, S. 134).

Galtons Schlussfolgerung, dass mehr Kinder als Erwachsene von der Synästhesie betroffen sind, gilt in der modernen Wissenschaft als umstritten (Jewanski et al., 2017, S. 132). Die meisten Informationen beruhen auf der Selbstauskunft von SynästhetikerInnen. Deshalb muss die Information mit besonderer Vorsicht als Grundlage für wichtige Hypothesen über den Ursprung, die Entwicklung und den allgemeinen Verlauf der Synästhesie vom Kindes- bis zum Erwachsenenalter betrachtet werden. Galtons erste Ergebnisse sprechen dafür, dass 5% mehr Mädchen als Burschen davon betroffen sind. Jewanski zufolge zeigen aktuellere Studien (wie z. B. Ward / Simner, 2005; Simner / Carmichael, 2015 u. a.), dass das Verhältnis beider Geschlechter beinahe 1:1 beträgt (Jewanski et al. 2017, S. 134). Es lässt sich allgemein schlussfolgern, dass das Thema von großem und breitem Forschungsinteresse ist und ständig neue Studien und Testmethoden auf diesem Gebiet motiviert.

Von Januar 2020 bis Juli 2022 wurde im Rahmen eines EU-Projekts eine App für die Eltern von potentiell von Synästhesie betroffenen Kindern entwickelt. In diesem Projekt wird Synästhesie als „eine mit Angststörungen und Autismus in Verbindung gebrachte neurologische Erkrankung“ beschrieben, welche bei Kindern schwer zu erkennen ist (<https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/de/projects/success-stories/all/app-basierter-test-zur-erkennung-von-synaesthesie-bei-kindern>, Oktober 2023). Mit dem Programm (SYN-TOOLKIT) können Eltern überprüfen, ob ihre Kinder synästhetisch veranlagt sind. Das vom Europäischen Forschungsrat finanzierte Projekt hat die Aufgabe „eine Diagnose für einen neurologischen Entwicklungsunterschied bei Kindern zu erstellen, der großen Einfluss auf ihre Schulbildung nimmt“, so Julia Simner (<https://profiles.sussex.ac.uk/p90856-julia-simner>). Über das Testverfahren und die Ergebnisse wird folgendes berichtet (<https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/de/projects/success-stories/all/app-basierter-test-zur-erkennung-von-synaesthesie-bei-kindern>, Oktober 2023):

- Mithilfe von 2 Tests werden ca. 3500 Kinder auf Graphem-Farb-Synästhesie und die Graphem-Person-Synästhesie geprüft (s. o.);
- 20-30 andere detaillierte Tests sollen bestimmen, welche Persönlichkeitsmerkmale und kognitive Fähigkeiten diese Kinder besitzen (s. o.);

- Es zeigt sich, dass im Vergleich zu früheren Studien immer mehr Kinder mit Synästhesie nachgewiesen werden können. Die Prävalenz für beide Synästhesiearten beträgt 2% (s. o.);
- Zusätzlich zur besonderen Wahrnehmungsfähigkeit besitzen Kinder mit Synästhesie weitere Fähigkeiten wie z. B. einen erweiterten Wortschatz, eine längere Gedächtnisspanne, eine bessere räumliche Orientierung, sowie ein besseres Zahlenverständnis (s. o.).

Aus der zuletzt genannten Tatsache lässt sich schließen, dass diese Kinder eine spezifische Förderung und adäquate Betreuung benötigen. Das ist der Ausgangspunkt für die Entwicklung der App, damit SynästetikerInnen, ihren Familien und Lehrern passende Angebote zur Verfügung gestellt werden. Weitere Informationen sind unter: <https://www.synaesthesie.org/de> verfügbar.

#### 4.6. Zusammenfassung und Unterscheidung von Synästhesie und CMC

Sowohl die Synästhesie, als auch die CMC zeigen sich als komplex, vielschichtig und für die wissenschaftliche Forschung relevant. Da sie einige Ähnlichkeiten aufweisen, werden sie oft als Synonyme verwendet, was aber zu widersprüchlichen Ergebnissen bzw. zur Verwirrung führen kann. Zum Abschluss sollen deswegen in der untenstehenden Tab. 10 die Gegensätze zwischen Synästhesie und CMC gegenübergestellt werden.

Begriff	CMC	Synästhesie
Definition	Kognitive, assoziative Verknüpfungen von scheinbar unverbundenen sensorischen Merkmalen durch alle möglichen Sinnesmodalitäten (Spence, 2010, S.80; Wesselein /Frings, 2021, S. 222–223; Parise, 2015, S. 1)	Mitempfinden; Verknüpfung von zwei oder mehreren heterogenen Sinnesqualitäten (Schlemmer/Hemming, 2018, S. 604)
Häufigkeit	Häufig, sogar bewusst eintrainiert	Selten (unter 2%)

Besonderheit	Willkürlich und bewusst steuerbar	Unwillkürlich, nicht bewusst steuerbar
Prävalenzrate	erlernt	vererbt
Kontroll/Nachweismethode	Tests	Selbstberichte, Tests
Intensität	Variabel durch die Umstände und der persönlichen Einstellung, kann schwach oder stark ausfallen; die Intensität ist willkürlich steuerbar; Meistens werden zwei oder höchstens drei Sinne gleichzeitig aktiviert.	Variabel durch die Umstände und der persönlichen Einstellung, kann sehr intensiv sein, ist nicht willkürlich steuerbar – meistens werden zwei Sinne gleichzeitig aktiviert, manchmal auch mehr als drei.
Manifestation	Zu einem bestimmten Zeitpunkt hervorrufbar, werden gefestigt und bleiben als Erfahrung/ als metaphorische Beschreibung präsent.	Sind schon in der frühen Kindheit nachgewiesen und bleiben mit wenigen Veränderungen das ganze Leben lang konstant präsent – als „real“ empfundenes Erlebnis im Kopf oder vor den Augen.
Auslöserfaktoren	Verschiedene Umgebungsreize – Klänge, Farben, Gerüche, Objekte etc.	Verschiedene Umgebungsreize – Klänge, Farben, Gerüche, Objekte etc.  Anmerkung: Alkohol und Drogen können pseudo-synästhetische Erlebnisse hervorrufen.
Persönlicher Faktor	Allgemein kognitiv nachvollziehbar	Subjektive Wahrnehmung
Neuronale Verarbeitung	Gleichzeitige Aktivierung mehrerer Gehirnzentren z. B. für die visuelle (Okzipitallappen) und auditive (Temporallappen) Wahrnehmung. Bei der neuronalen Verarbeitung überkreuzen sich die Nervenbahnen	Aktivierung spezifischer Hirnbereiche, die für die Synästhesie verantwortlich sind – mehrere Gehirnzentren, das limbische System, Raphe-Kerne und Locus caeruleus.

	im limbischen System, welches zu multisensorischen Erlebnissen führen kann.	
Beispiele	Objektgröße mit Tonhöhe/ Lautstärke; Tonhöhe und Farbe etc.	z. B. <i>visuelle Klänge</i> - subjektiv wahrgenommenen Farben, welche durch einzelnen Töne ausgelöst werden etc.

Tab. 10: Unterschiede zwischen Synästhesie und CMC

Insgesamt lässt sich aus der Gegenüberstellung von CMC und Synästhesie sagen (wie Cytowic und Baudson zusammenfassen), dass es in manchen Fällen schwierig ist, genaue Grenzen dazwischen zu ziehen. Diese sind bei den verschiedenen kognitiven Prozessen im Gehirn nämlich fließend, so dass eine klare Unterscheidung herausfordernd ist (Cytowic, 1989, S. 261; Baudson, 2011, S. 147).

## 5. Pilot-Experiment

### 5.1. Einleitung zum Experiment

Die Forschungsarbeit mit Kindern im Bereich der CMC kann sehr bereichernd sein, gleichzeitig stellt sie Herausforderungen auf mehreren Ebenen dar. Wie z. B. bei Smith und Sera (1992, S. 112) können bei Kindern zwischen 2 und 5 Jahren manchmal „Störungen“ auftreten, da die Korrespondenzbildung von der unterschiedlichen Wahrnehmungsentwicklung abhängig ist (s. Kapitel 3). Bei Kindern, die Deutsch nicht als Muttersprache haben, könnte das Sprachverständnis auch ein wichtiger Faktor sein, welcher die Ergebnisse eines Versuch beeinflussen könnte. Damit die Bereitschaft und die Offenheit der TeilnehmerInnen garantiert ist, soll der Versuchsprozess kinderecht und der jeweiligen Altersgruppe entsprechend gestalten sein. Außerdem können Tendenzen aus früheren Studien ein Hinweis auf erwartbare Ergebnisse geben – z. B., dass im jungen Alter eher bunte Farben bevorzugt werden (Emmet, 1994, S. 129.; 131). Aus pädagogischer Sicht könnte es bei der Volksschul-Altersgruppe etwas problematisch sein, *neutrale* Ergebnisse zu erzielen, u. a., weil viele Kinder in diesem Alter möglicherweise schon ein unbewusstes Gespür für die “erwünschte/erwartete” Antwort besitzen. Darauf wird in den erwähnten Forschungsberichten zwar nicht expliziert eingegangen, es darf jedoch nicht vergessen werden, dass Kinder und Jugendliche bei der Durchführung eines Experiments unter Umständen versuchen könnten, Grenzen auszutesten, sodass sie auf diese Art die Ergebnisse *manipulieren* könnten. Versuchspersonen zwischen 6–10 J. (s. Emmet, 1994) bieten dennoch eine gute Studien-Gelegenheit, da sie schon alt genug sind, um (unter angemessener Leitung) die eigenen Gefühle und Emotionen sowie Zusammenhänge zwischen diesen im musikalischen Kontext verständlich in Worte zu fassen. Zusätzlich sind sie noch jung genug und dem Kleinkindalter nah, damit noch möglichst viele Gehirnarealverbindungen erhalten sind. Walker et al. (2017) zeigen, dass die Fähigkeit zur durchs Frequenzprofil bedingten CMC-Bildung schon bei Säuglingen präsent ist. Nach der Auseinandersetzung mit den CMC-Studien wäre es in dieser Arbeit angebracht nach Klang-Farbe-Korrespondenzen Kindern zu suchen, die der Altersgruppe 4–6 J. gehören. Das folgende stichprobenartige Pilot-Experiment bezieht sich auf die bekannten Forschungsergebnisse und soll überprüfen, inwieweit die CMC im Alter von 4-6 J. diesen älterer Kinder bzw. Erwachsener entsprechen und ob sich in dieser Altersgruppe gehäufte Merkmale von Synästhesie zeigen.

## 5.2. Fragestellung

### 5.2.1. Ziel

Das allgemeine Ziel des Pilot-Versuchs ist es die unten aufgelisteten Fragestellungen (Hypothesen) zu überprüfen, d. h. anhand einer Stichprobe zu veranschaulichen, ob und inwieweit Kinder im Alter von 4-6. J crossmodale Korrespondenzen zwischen Klang und Farbe/Helligkeit herstellen und beschreiben könnten.

### 5.2.2. Fragestellungen und erwartbare Ergebnisse

Im Zusammenhang mit der Literatarbeit haben sich folgende Fragestellungen ergeben, welche pädagogisch vorbereitet und empirisch untersucht werden:

**Fragestellung 1:** Empfinden Kinder im Alter von 4-6 J. hohe Töne als *hell* und tiefe als *dunkel*?

**Fragestellung 2:** Spielt in der Altersgruppe 4-6 J. bei konstanter Tonhöhe (Referenzton  $c^1/C4$  nach dem amerikanischen System) der Instrumentenklang eine entscheidende Rolle für die Beurteilung als *hell* oder *dunkel*? Werden Instrumente mit hellerer, d. h. teiltounerreicherer Klangfarbe, als *hell* oder *dunkel* bezeichnet?

**Fragestellung 3:** Haben Kinder in der Altersgruppe 4-6 J. eine konstante Klang-Farb- bzw. Klang-Helligkeits-Zuordnung?

Die Anzahl der Versuchspersonen (Vpn) wird via G\*Power berechnet und es wird ausgerechnet bei wie vielen Vpn mit welcher Effektstärke bei  $p < 0,05$  noch ein aussagekräftiges Ergebnis ( $r$ ) erreicht werden kann. Da voraussichtlich nicht mehr als 10 Vpn für ein Pilotexperiment zur Verfügung stehen werden, benötigt man für eine einseitige Korrelation eine Effektstärke von 0,75 (bei Beta-Fehler von 0,85). Um aussagekräftig zu sein, muss das  $r > 0,549$  bzw.  $r < -0,549$  sein.

Es ist als Ergebnis zu erwarten, dass Kinder schon im Alter von 4-6 Jahren Tonhöhe und Helligkeit der Klangfarbe mit den Farbassoziationen von *hell* und *dunkel* verbinden können, d.

h. dass sie folgenden crossmodalen Bezug herstellen: je heller, also teiltonreicher oder höher der vorgespielte Klang ist, desto heller wird die ausgewählte Farbe sein. Die Farbzuzuordnung wird voraussichtlich nicht konstant sein, es besteht aber die Möglichkeit, dass die Häufigkeit der Farbzuzuordnung mit bestimmten Audioeigenschaften einhergeht bzw. dass gruppenspezifische Tendenzen bei der Farbpräferenz vorkommen.

### **5.3. Rahmendaten und Gruppenzusammensetzung**

Die Versuchspersonen sind in zwei Gruppen mit jeweils fünf Kindern im Alter von 4-6 J. aufgeteilt, die einmal in der Woche an der Anton-Stadler-Musikschule den 50-Min.-Unterricht nach der Methode der Elementar-Musik-Pädagogik (EMP) besuchen. Die Anzahl der TeilnehmerInnen im Schuljahr 2023/2024 hat sich aus den aktuellen Anmeldungen in der Musikschule ergeben.

Die Altersspanne ist aus entwicklungspsychologischer Sicht relativ groß. Normalerweise sind die 4-j. Kinder untereinander und die Kinder im letzten Kindergartenjahr (5-6 J.) in einer separaten Gruppe. Die weiteren Details werden bei der genauen Gruppenbeschreibung aufgelistet.

Alle Eltern stimmen der Experimentdurchführung zu (s. das Formular im Anhang), alle Aufgaben werden im Rahmen des EMP-Unterrichts ausgeführt, lassen sich sehr gut mit den didaktisch relevanten Themen für diese Altersgruppen (z. B. Förderung der auditiven und visuellen Wahrnehmung, Konzentrationspannenerweiterung usw.) verbinden und sind deshalb auch von der Musikschulleitung genehmigt worden. Die Teilnahme der Kinder beruht auf dem Prinzip der Freiwilligkeit, es gibt keine Hausaufgaben, es ist keine spezielle Vorbereitung seitens der Kinder notwendig. Das Experiment findet innerhalb von 4 Wochen ab dem 30.11.23 statt und soll planmäßig bis zum 21.12.23 abgeschlossen worden sein. Eine spielerische Wiederholung und Kontrolle findet nach mehreren Wochen (am 06.06.24) statt – diese „Pause“ bietet die beste Gelegenheit zu einer Art „kritischem Vergleich“ der schon gesammelten und ausgewerteten Daten, da es keine Erwachsenen-Kontrollgruppe gibt.

Beide Gruppen haben sich mit unterschiedlicher Zusammensetzung und unterschiedlichen Bedürfnissen bzw. gruppendynamischen Besonderheiten ergeben, welche bei der

Durchführung des Experiments möglichst berücksichtigt werden. Da einige Kinder den Unterricht im Schuljahr 2023/2024 zum ersten Mal besuchen (Geschlecht und Nummer der TeilnehmerInnen sind einfach gedruckt), andere schon das zweite Jahr (Geschlecht und Nummer der TeilnehmerInnen sind unterstrichen) wäre es denkbar die erst genannten als „Kontrollpersonen ohne Vorbildung“ zu betrachten. Die Initialen werden zur Übersicht am Anfang angegeben. Zur leichteren Bearbeitung der Daten werden folgende Kürzel eingeführt:

**Gr. 1: 3 Mädchen (M), 2 Burschen (B):**

M1 – PM – 6 J.

M2 – HJ – 6J.

M3 – MM – 4 J.

B1 – XN – 4 J.

B2 – ZJ – 4 J.

**Gr. 2: 5 Burschen (B):**

B1 – BL – 4 J.

B2 – KS – 4 J.

B3 – HK – 5 J.

B4 –HV – 5 J.

B5 – KL – 5 J.

## 5.4. Methoden und Aufbau des Experiments

In Kombination mit den EMP-Unterrichtsmethoden wird das Thema Klang, Farbe, Gegensätze (in der Umgebung und Musik) eingeführt und mit passenden Kinderliedern („Das ist g’rade, das ist schief“; „Grün, grün, grün sind alle meine Kleider“; s. Anhang) unterstützt, damit ein musikalischer Bezug geschaffen wird. Mehrere Bewegungsspiele zum weißen Rauschen dienen als Entspannungsmoment zwischen den Konzentrationsphasen.

### 5.4.1. Klang-Stimuli

Zehn Instrumentenklänge (Flöte, Oboe, Klarinette; Cello, Klavier, Geige, Gitarre, Horn, Sägezahn und Sinus lautheitsangeglichen auf  $c^1/C4$ ) werden zweimal in zufälliger Reihenfolge und über eine große Stereo-Bluetooth-Box (ST-Ultimate von JBL) vorgespielt und von den Kindern auf Helligkeits- und Farbassoziation hin bewertet. Mittels Korrelationsanalysen (via JASP) wird nach Zusammenhängen zwischen der Anzahl der Farb- oder Helligkeitszuordnungen und der Ausprägtheit von vorab ermittelten Audiofeatures (z. B. via MIR-Toolbox, Lartillot et al, 2004; PADMEA, Czedik-Eysenberg 2022;) gesucht. Alle Hörbeispiele der einzelnen Musikinstrumente wurden 2022 in der Studie von Ambros et al. verwendet und stammen aus der Vienna Symphonic Library.

### 5.4.2. Grobe Ablaufetappen

In der Lehrpraxis hat es sich als sinnvoll erwiesen, bei der Gestaltung einer EMP-Einheit immer einen einheitlichen Programmablauf mit einigen Fixpunkten zu haben. Dieser dient zur Orientierung der Kinder und suggeriert Sicherheit und sieht folgend aus:

- 1. Gemeinsame Einstimmung (Aufwärmen/Vorbereitung auf die Aufgabe) – **die ganze Gruppe** singt zusammen eines oder beide ausgewählten Lieder „Das ist g´rade, das ist schief“/„Grün, grün, grün sind alle meine Kleider“ (s. Anhang) und die Aufmerksamkeit wird verbal auf die Aufgabe gerichtet;
- 2. Klang-Farb/Helligkeit-Aufgaben (max. 3-4 Töne nacheinander) – **jedes Kind arbeitet für sich;**
- 3. Bewegungsspiele – es bewegen sich **alle** gleichzeitig im Raum auf eine bestimmte Art und Weise, die vorgegeben wird;
- 4. Es folgen einige Wiederholungen der Punkten 2 und 3;
- 5. Gemeinsamer Abschluss – Die ganze Gruppe aber auch die Kinder einzeln werden nach Feedback gefragt. Spontane Reaktionen und Antworten geben wichtige Einblicke darüber, ob die Aufgaben leicht oder schwer, unterhaltsam oder langweilig waren, damit diese bei der nächsten Übung eventuell angepasst werden.

Der Wechsel zwischen Gruppen- und Einzelarbeit, sowie zwischen Konzentrationsmoment und Entspannungsspiel sind in diesem Zusammenhang essentiell. Der gemeinsame Beginn und Schluss der Stunde bilden einen pädagogisch wertvollen Rahmen des Unterrichts.

### 5.5. Grobe Planung des Experiments

Nun folgt eine detailliertere Planung der einzelnen Stunden Woche für Woche (s. Anhang). Es ist gleich anzumerken, dass die Stundenplanung (das s. g. Stundenbild) nach jeder Einheit angepasst wird, je nachdem wie der Versuch verlaufen ist. Es ist sehr wahrscheinlich, dass einige vertiefende Aufgaben vernachlässigt oder nur am Rande des Experiments berücksichtigt werden, wenn die Reaktionen der Kinder auf bestimmte Bedürfnisse bzw. Schwierigkeiten hinweisen. Jedoch ist es sinnvoll die Versuchsstunden so umfangreich wie möglich zu

planen, auch damit größere Aufgabenvariationen zur Auswahl stehen im Falle, dass sich spontane Anpassungen als erforderlich zeigen.

## 5.6. Das Pilot-Experiment und seine Ergebnisse im Verlauf

### 5.6.1. Erster Versuch am 30.11.2023

#### Vorbereitung aufs Experiment (Einstimmen)

In der ersten Gruppe waren alle fünf Kinder anwesend, in der zweiten leider nur drei. Das Begrüßungslied und das Einstimmlied haben wie geplant gut funktioniert. Das Thema Gegensätze war für alle Kinder anregend und motivierend. Die Aufgaben waren klar und verständlich für alle – zum weißen Rauschen gab es eine Bewegung im Raum, zu den Klangstimuli sollten die Kinder den Stein auf das Sonne-Mond-Blatt (Abb. 29) hinlegen.

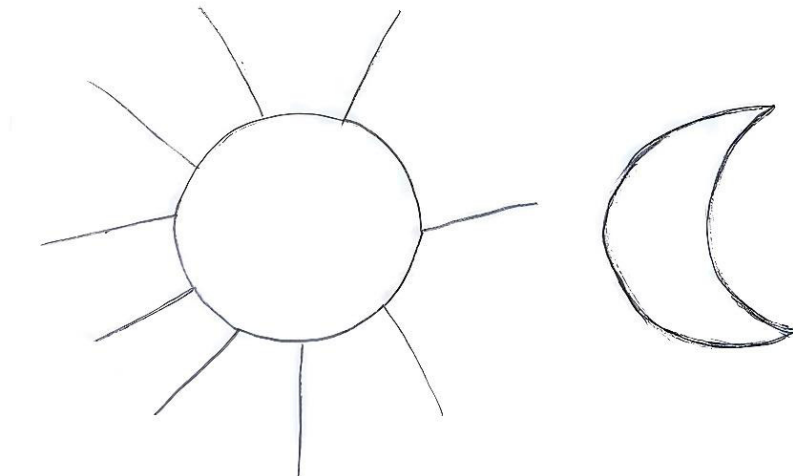


Abb. 29: Das Sonne-Mond-Bild (selbst gestaltet).

Eine kurze Übungsphase bereitete die Kinder auf den Experimentvorgang vor. Das weiße Rauschen<sup>1</sup> war für beide Gruppen ungewohnt, bereitete aber keine Schwierigkeiten. Es wurde darauf hingewiesen, dass es bei den Zuordnungen kein „richtig“ oder „falsch“ gibt. Es waren Gruppendynamische Unterschiede in beiden Gruppen zu beobachten: die erste zeigte einen größeren Drang zum freien Spiel, die zweite arbeitete konzentrierter und tauchte mehr ins Experiment ein.

### **Experiment-Methode: Ton-Bewegungs-Sequenz**

Die Kinder bekamen von den insgesamt 30 in der Studie von Ambros et al. (2022) verwendeten Ton-Stimuli aus der Vienna Symphonic Library 9 per Zufall ausgewählte zu hören, die mindestens zweimal vorkamen. Bei den folgenden Experimenten wird darauf geachtet, dass 10 unterschiedliche Klänge dargeboten werden. Es waren insgesamt 20 Hörproben zum Beurteilen da. Durch ein zufälligen Fehler wiederholte sich der Horn (C4) vier statt zwei Mal. Jedes der Stimuli wurde meistens zweimal, manchmal sogar dreimal vorgespielt. Jedes dieser Stimuli bekam eine Nummer, damit das Protokollieren schneller und leichter ablaufen konnte. Die Aufschlüsselung der Klangstimuli, sowie die Abfolge der einzelnen Stimuli und ihre Beurteilung durch die Kinder (mit Kürzel fürs Geschlecht und Nummer in der Gruppe.) mit *hell* (h) und *dunkel* (d) sind auf Abb. 30 in den zwei Auswertungs-Tabellen abgebildet. Die erste Auswertung zeigt die Stimuli in der Abspielreihenfolge und die zweite bietet die Möglichkeit zum Vergleich der gleichen Töne beim ersten und zweiten Abspielen. Die Kinder legten bei jedem Klangbeispiel den Stein auf eines der Symbole um hell (Sonne) oder dunkel (Mond) zu kommunizieren. Durch die Tabellen sind (die erwarteten) Abweichungen in der Beurteilung sichtbar.

### **Ergebnisse**

Die Kinder konnten dem Klangbeispiel bis auf zwei Ausnahmen (M2 beim Sinuston und B3 bei der Flöte) immer *hell* oder *dunkel* zuordnen. Aus der Gegenüberstellung wird deutlich, dass als *dunkel* der Klang vom Cello (das C der großen Oktave; C2) mit sechs Übereinstimmungen klassifiziert wird. Als *hell* wird mit sechs Übereinstimmungen der Trompetentone (C5)

---

<sup>1</sup> [https://www.youtube.com/watch?v=2y6zdAbN9o8&t=615s&ab\\_channel=WhiteNoise-Topic](https://www.youtube.com/watch?v=2y6zdAbN9o8&t=615s&ab_channel=WhiteNoise-Topic) – letzter Zugriff am: 31.08.24

klassifiziert. Mehrere Instrumente konnten nicht eindeutig klassifiziert werden. Mit fünf *hell*-Übereinstimmungen wird der Sägezahnklang (C6) *eher* als *hoch* und *hell* definiert. Keine eindeutigen Zuordnungen gibt es bei der Trompete (C4), bei der Flöte (C4), beim Sägezahn (C2) und beim Horn (C4). Der Trompeten- und der Flötenklang werden jeweils mit vier Übereinstimmungen als *nicht eindeutig hell* klassifiziert, es kommen oft aber auch keine Übereinstimmungen vor.

Die Ergebnisse der Kinder deuten auf die Tendenz hin, dass **hohe Töne** als **helle Töne** empfunden werden. Eine CMC von hoher Tonhöhe und Helligkeit wäre in diesem Zusammenhang also denkbar. Um die Wirkung der Klangfarbe an sich zu untersuchen, sollte beim nächsten Versuch eine einheitliche Tonhöhe (C4) als Referenz genommen werden.

Auswertung 1																					
Beisp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Stimulus	Cello_C2	Flöte_C4	Sägezahn C2	Sägezahn C6	Cello_C2	Klavier_C6	Trompette_C4	Horn_C4	Sägezahn C2	Sinus C2	Klarinette_C5	Sinus C2	Trompette_C4	Sägezahn C6	Sägezahn C2	Klarinette_C5	Horn_C4	Klavier_C6	Sägezahn C2	Flöte_C4	
Kind Gr.1																					
M1	d	h	h	h	d	h	d	d	d	d	h	d	h	h	d	h	d	h	d	h	h
M2	h	h	h	h	h	h	d	h	d	h	d	?	h	d	h	h	d	d	d	h	h
M3	d	h	d	h	d	h	d	d	d	d	d	d	h	h	d	h	h	d	h	d	h
B1	d	h	h	d	h	h	h	h	h	h	d	d	h	h	d	h	d	h	d	h	d
B2	h	h	d	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	d	h	d	h
Kind Gr.2																					
B1	d	h	h	h	d	h	h	h	h	d	h	d	h	h	d	h	h	h	h	h	d
B2	d	h	d	h	d	h	h	h	h	d	h	d	h	h	d	h	h	d	h	h	d
B3	d	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B4	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B5	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Dunkel:	6	0	3	5	1	6	0	4	2	2	4	2	5	0	2	4	1	1	2	4	2
hell	2	8	5	7	2	2	8	4	6	5	4	6	2	6	6	4	7	7	4	6	4

Auswertung 2																					
Beisp.	1	5	2	20	3	9	9	15	4	14	6	18	7	13	8	17	10	12	11	16	
Stimulus	Cello_C2	Cello_C2	Flöte_C4	Flöte_C4	Sägezahn C2	Sägezahn C2	Sägezahn C6	Sägezahn C2	Sägezahn C6	Sägezahn C2	Klavier_C6	Klavier_C6	Trompette_C4	Trompette_C4	Horn_C4	Horn_C4	Sinus C2	Sinus C2	Klarinette_C5	Klarinette_C5	
Kind Gr.1																					
M1	d	h	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	d	h	d	d	d	d	h	h	h
M2	h	h	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	h	h
M3	d	d	h	h	d	d	d	d	d	d	h	h	d	h	d	d	d	d	d	h	h
B1	d	d	h	d	h	h	h	h	h	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	d	d
B2	h	d	h	h	d	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	d	h	h	h	h	h
Kind Gr.2																					
B1	d	h	h	d	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	h	h	d	d	h	h	h
B2	d	d	h	h	d	h	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	d	d	h	h	h
B3	d	d	h	h	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	d	d	h	h	h
B4	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B5	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Dunkel:	6	6	0	2	3	2	2	4	4	1	2	0	2	4	0	2	5	4	5	2	1
hell	2	2	8	5	5	5	8	4	4	7	6	8	6	4	8	6	3	4	2	6	7

Abb. 30: Auswertung der hell-dunkel-Ergebnisse vom 30.11.23.

## **Diskussion**

Der erste Versuch hat sich als ein wichtiger Vorversuch erwiesen, der einige Optimierungspunkte für die folgenden Experimente gezeigt hat – sowohl die Planung, als auch die Durchführung sollten kompakter (z. B: durch kürzere Konzentration-Phasen), entspannter (z. B. durch häufigere Bewegungspausen) und unterhaltsamer (z. B. durch flexibles Eingehen auf die momentanen Bedürfnisse der TeilnehmerInnen) gestaltet werden. Für die bessere Deutung der Daten werden die Klangstimuli auf den Referenzton C4 standardisiert

Diese Versuchssequenz hat eine einführende Rolle, damit alle TeilnehmerInnen mit den Stimuli, der Aufgabe und dem Ablauf vertraut gemacht werden. Unter Umständen wird diese Einheit bei der späteren Auswertung nicht berücksichtigt.

### **5.6.2. Zweiter Versuch am 07.12.2024**

#### **Vorbereitung aufs Experiment (Einstimmen)**

Aus mehreren Gründen waren in der ersten Gruppe vier und in der zweiten Gruppe drei der Experiment-Teilnehmerinnen verhindert daran teilzunehmen. In der ersten Gruppe nahm die Leiterin fiktiv am Experiment teil, um den einen Burschen zu begleiten. Wie beim Vorversuch wurde der Ablauf mit dem Stein und dem Sonne-Mond-Arbeitsblatt geübt. Das Experiment wurde zu einem unterhaltsamen Spiel und konnte problemlos und in seiner vollen Länge (mit 20 Hörbeispielen) bewältigt werden. In der zweiten Gruppe nahmen zwei von den drei Schülern an der Ton-Farb-Aufgabe teil, die diese in der vorigen Woche kennengelernt haben. Es war eine kurze spielerische Wiederholung des Ablaufs notwendig. Das Tonmaterial für die Klangaufgaben blieb gleich, wurde jedoch auf „nur einen“ Ton (C4) reduziert. So können Faktoren wie Register und Tonhöhe ausgeblendet werden.

Das Begrüßungslied und das Einstimmlied „Das ist g´rade, das ist schief“ wurden von allen gesungen. Das Thema Gegensätze war leicht verständlich, mehrere Beispiele wurden von den SchülerInnen genannt. Der Experimentablauf von der vergangenen Woche war allen Kindern noch präsent und sie konnten ihn selbst beschreiben.

Bei jeder freien Bewegungsaktion (begleitet weiterhin vom weißen Rauschen) war der (Spiel)Stein in der Hand des Schülers und wurde „mitbewegt“. Manchmal war die Entscheidung zwischen hell (Sonne) und dunkel (Mond) nicht schnell (intuitiv) bzw. eindeutig. Manche Kinder wollten kurz überlegen.

### **Experiment-Methode: Ton-Bewegungs-Sequenz**

Jeder der Stimuli wurde nummeriert und nach dem Zufallsprinzip angeordnet zweimal, manchmal sogar dreimal nacheinander lautheitsangeglichen vorgespielt. Jeder Ton kam insgesamt zweimal vor, so dass die Kinder insgesamt 20 Hörproben bekamen. Nach vier oder fünf Tonbeispielen wurde die Bewegungspause zum weißen Rauschen gemacht. Gegen Ende der Übung stieg der Bewegungs- und Spieldrang, jedoch war es möglich alle Aufgaben zu erledigen. Kein Kind wollte die Sequenz früher abbrechen.

Die Aufschlüsselung der Klangstimuli wurde mit den bekannten zwei Tabellen ausgewertet (s. Abb. 31). Die erste zeigt die Klänge der Reihenfolge nach, zweite stellt die Ergebnisse der Kinder in Bezug auf den gleichen Ton gegenüber und erlaubt dadurch einerseits die Zuordnung bei einem Ton bei allen Schülern zu verfolgen und andererseits die „Übereinstimmungsquote“ bei jedem einzelnen Schüler zu überprüfen.

### **Ergebnisse**

Übereinstimmungen – insgesamt gibt es bei B2 aus der ersten Gruppe 5, d. h. 50% der Töne wurden in beiden Abspielmomenten gleich als *hell* oder *dunkel* beurteilt. In der zweiten Gruppe sind die gleichen Übereinstimmungs-Ergebnisse bei B1 – 8 und B3 – 6 an der Zahl. D. h. manche Kinder nahmen denselben Ton beide Male gleich wahr. Die Klang- und Unterrichtserfahrung dieser Schüler könnte ein möglicher Grund dafür sein. Beide besuchen nämlich den EMP-Unterricht schon das 2. Jahr. Zusätzliche individuelle Einflussfaktoren könnten sein, dass B1 seit dem Schuljahr 2023/2024 schon Geige spielt und B3 gerade im Kindergarten das s. g. Instrumenten-Karussell<sup>2</sup> besucht.

---

<sup>2</sup> Das Instrumentenkarussell ist ein Kooperationsprojekt zwischen dem Landeskinderknoten II in Bruck an der Leitha und der Anton-Stadler-Musikschule bei dem die Kinder im letzten Kindergartenjahr ein Semester lang

Die Cellotöne wurden in allen Gruppen von allen Versuchspersonen eindeutig als *hell* bezeichnet. Im Gegensatz dazu bekam der Flötenklang einmal die Zuordnung *hell*, einmal *dunkel* und einmal gab es keine Übereinstimmung. Wie beim Vorversuch bereitete dieser Klang im weitesten Sinne eine Herausforderung und konnte nicht definitiv zugeordnet werden.

Bei mehreren Instrumenten wie z. B. bei Gitarre, Horn, Klavier, Trompete und Sägezahnton fielen die Ergebnisse uneinheitlich aus. Diese Klänge wurden zweimal als *hell* bezeichnet, einmal fehlte die Übereinstimmung. Der Oboen- und der Sinusklang wurden einmal eindeutig als *dunkel* beurteilt, zweimal waren die Ergebnisse der Kinder nicht gleich.

Grundsätzlich wurden die meisten der Tonbeispiele von der Mehrheit der Kinder als eher *hell* wahrgenommen. Man kann aber nicht ausschließen, dass der vorher abgespielte Ton ein weiterer einflussreicher Faktor auf die Hörwahrnehmung des Folgetones sein könnte. Um diesen zu minimieren wurde das weiße Rauschen als eine Art „Radiergummi“ verwendet. Jedoch würde das Experiment mit den jungen Versuchspersonen „zerfallen“, wenn man nach jedem Ton das Rauschen abspielt. Deshalb wurden 5 Töne zu einem Block zusammengefasst, damit die Konzentrationsphase der Kinder genutzt wird und die Experimentstruktur erhalten bleibt.

---

wöchentlich verschiedene Musikinstrumente von Lehrern und ihren SchülerInnen präsentiert bekommen und vieles darüber lernen. Die Kinder probieren diese Instrumente dann auch aus.



## Diskussion

Durch dieses Experiment konnte der positive Einfluss der gezielten Klangwahrnehmungsförderung bei Kindern bestätigt werden. Am Ende der Einheit waren alle motiviert und experimentierfreudig – sie wollten einzelne Klänge mit der Stimme nachmachen, besprechen und musizierten begeistert gemeinsam. Im Vergleich zum vorigen Experiment hat sich die Optimierung als sinnvoll erwiesen – alle Aufgaben wurden in der geplanten Zeit durchgeführt, jedoch wies die Reaktion der Versuchspersonen darauf hin, dass solche Versuche große Konzentration erforderten. Die Ergebnisse liefern keine aussagekräftigen Auskünfte über eine konstante Wahrnehmung von Instrumenteklängen in Verbindung mit dem Helligkeitsempfinden. Subjektive Unterschiede z. B. in der Aufmerksamkeitspanne wurden jedoch klar. Die Übereinstimmungsquote bei manchen SchülerInnen deutet jedoch auf eine steigende Sensibilität im Zusammenhang mit den CMC zwischen Klang und Helligkeitsempfinden hin. Durch die Schulung der auditiven Wahrnehmung mittels spezifischer Übungen kann die individuelle Empfindung der Instrumentenklänge positiv beeinflusst werden.

### 5.6.3. Dritter Versuch am 14.12.23

#### Vorbereitung aufs Experiment (Einstimmen)

Bei dem dritten Experiment konnten in der ersten Gruppe alle fünf und in der zweiten Gruppe drei der SchülerInnen mitmachen. Es gab aber auch einige Faktoren, die die Durchführung und die Ergebnisse beeinflusst haben wie z. B. Tagesverfassung, Krankheit und andere Umstände, welche das Verlassen des Raumes von manchen Kindern erforderten. In der ersten Gruppe musste das Experiment vereinfacht und schließlich auch gekürzt werden.<sup>3</sup>

Zum Stein und dem vertrauten Arbeitsblatt mit den Sonnen- und Mond-Symbolen, womit die Aufgaben in Erinnerung gerufen wurden, kam folgendes Blatt mit sechs für die Kinder gängigen *Grundfarben* – Gelb, Blau, Schwarz, Rot, Weiß, Grün, wobei es sich der Begriff auf die Vertrautheit der Farben für diese Altersgruppe bezieht und keine Definition für

---

<sup>3</sup> Die fehlenden Ergebnisse sind mit "0" in der Auswertungstabelle vermerkt.

sich darstellt. Alle abgebildeten Farben wurden in Verbindung mit dem Lied „Grün, grün, grün sind alle meine Kleider“ und den Berufen gebracht.

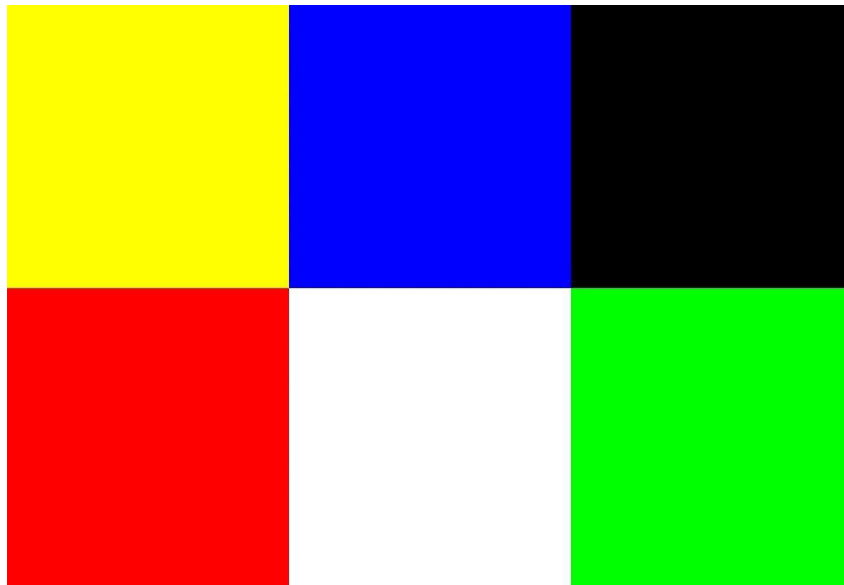


Abb. 32: Das Arbeitsblatt mit sechs Grundfarben erstellt mithilfe von: <https://www.optikunde.de/farbe/> – letzter Zugriff am 19.12.23.

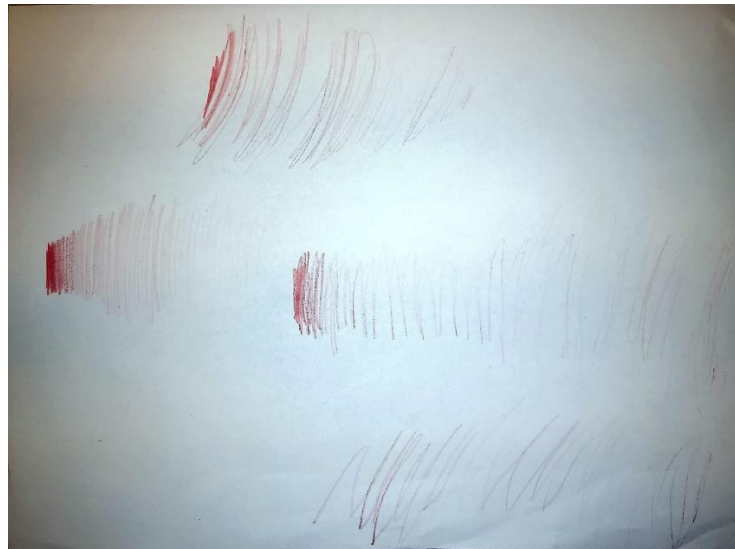
Die neue herausfordernde Vertiefungs-Aufgabe war die Klangbeispiele einer Farbe zuzuordnen, nachdem sie zuerst als *hell* oder *dunkel* bezeichnet wurden. Einen großen Bewegungsdrang um eine kurze Aufmerksamkeitsspanne waren in der ersten Gruppe zu beobachten. Aus diesem Grund wurde bei den letzten Klangbeispielen nur die *hell/dunkel*-Zuordnung ausgeführt.<sup>4</sup> In der zweiten Gruppe nahmen drei Schüler an der Ton-Farb-Aufgabe teil. Alle Aufgaben wurden in dieser Gruppe von allen reibungslos erfüllt. In beiden Gruppen wurden das Begrüßungslied und das Einstimmlied „Grün, grün, grün sind alle meine Kleider“ von allen gesungen, dabei wurden die Berufe benannt und sprachlich geübt, da manche Berufe (Schornsteinfeger/Rauchfangkehrer) und Laute noch Schwierigkeiten bereiten. Das Thema Gegensätze wurde auch kurz wiederholt. Die Kinder konnten selber den Experimentablauf beschreiben.

Die Zuordnung der Töne als *hell* oder *dunkel* wurde nun mit den sechs Farben vertieft. Es wurde besprochen, dass jede Farbe heller oder dunkler sein kann. Für besonders viel

---

4 Ab Ton 14 bis Ton 20 wurde in der ersten Gruppe nur mehr nach *hell/dunkel* gesucht.

Experimentierfreude sorgte die Aufgabe Schattierungen mit einem Buntstift von hell zu dunkel oder umgekehrt zu erzeugen.



*Abb. 33: Schattierungsaufgabe – jedes Kind durfte selber probieren wie man mit einer Farbe verschiedene Nuancen erzeugen kann.*

Man konnte beobachten, dass solche kreativen Aufgaben die Konzentration der Kinder positiv beeinflussen. Bei den einzelnen Bewegungsaktionen (begleitet weiterhin vom bekannten weißen Rauschen) war der (Spiel)Stein in der Hand des Schülers und wurde „mitbewegt“. Auch bei diesem Versuch war die Entscheidung einzelner Kinder zwischen *hell* (Sonne) und *dunkel* (Mond) manchmal nicht schnell (intuitiv) bzw. eindeutig. Nicht selten kam es vor, dass manche Kinder:

- 1) zu überlegen versuchten;
- 2) ihre Entscheidung als „die richtige“ laut und selbstbewusst ankündigen wollten;
- 3) das Ergebnis mit den anderen vergleichen wollten.

### **Experiment-Methode: Ton-Bewegungs-Sequenz**

Der Ablauf der Stunde am 07.12.23 wurde bewusst so genau wie möglich wiederholt. Die Stimuli wurden vorgespielt, es gab insgesamt 20 Hörproben, die Bewegungspause zum

weißen Rauschen dazwischen fand meistens nach dem 5. Tonbeispiel statt. Es war möglich alle Aufgaben zu erledigen. Die lauthheitsangeglichenen Klangbeispiele wurden wie gewohnt nummeriert, zufällig dargeboten, protokolliert und ausgewertet.

Die Aufschlüsselung der Klangstimuli und die Ergebnisse der SchülerInnen ist den Auswertungstabellen zu entnehmen (s. Abb. 35). Das erste Blatt stellt dar: die *hell-dunkel*-Ergebnisse der Kinder mit der Abspielreihenfolge der Tonaufnahmen und die Ergebnisse der Kinder in Bezug auf den gleichen Ton. Dadurch ist es möglich, einerseits die Zuordnung eines Tones bei allen SchülerInnen zu verfolgen und andererseits die „Übereinstimmungsquote“ bei jedem einzelnen Schüler zu überprüfen. Auf dem nächsten Blatt (Abb. 36) geben die zwei Tabellen nach dem gleichen Prinzip die Farb-Zuordnungen wieder, damit diese verglichen und analysiert werden können.

### **Ergebnisse**

Bei diesem Versuch fällt auf, dass allgemein mehrere Übereinstimmungen vorkommen. Zusätzlich ist eine Präferenz von *hell* zu beobachten, was möglicherweise dafürsprechen könnte, dass die Sonne als Symbol eine stärkere „Anziehungskraft“ für die Kinder hätte.

Die Cellotöne wurden in beiden Gruppen von allen Versuchspersonen häufiger, aber nicht ganz deutlich als *hell* bezeichnet. Es gab drei *hell*-Übereinstimmungen. Der Flötenklang erzielte zwar insgesamt 6 Übereinstimmungen, konnte aber erneut als nicht eindeutig als *hell* oder *dunkel* eingestuft werden. Die Gitarre wurde beim ersten Hören sechs Mal, beim zweiten Mal fünfmal als *hell* klassifiziert. Insgesamt gab es 4 *hell*- und nur eine *dunkel*-Übereinstimmung. Dies würde wieder für eine eher *hell*-Zuordnung sprechen. Der Sinuston wird auch eher als *hell* aufgefasst, die Ergebnisse sind wieder nicht eindeutig.

Die Klavier-Ergebnisse waren auch nicht definitiv – fünfmal wurde der Klang sowohl beim ersten als auch beim zweiten Hören als *hell* bezeichnet. Dreimal beim ersten Abspielen und zweimal beim zweiten Abspielen wurde dieser als *dunkel* kategorisiert<sup>5</sup>. Die vier Übereinstimmungen betreffen nur die *hell*-Ergebnisse.

---

5 Das Ergebnis von B1 bei den Tönen 15-17 konnte nicht aufgefasst werden.

Der Oboenton wurde zuerst sechsmal *hell*, danach aber nur zweimal als *hell* eingeordnet. Es gibt nur zwei *hell*-Übereinstimmungen. Bei den Tönen vom Horn, dem Sägezahn- und dem Trompetenton fallen 4 *hell*-Übereinstimmungen auf, wobei es bei den zwei erst genannten Tönen auch eine *dunkel*-Übereinstimmung auftritt. Die Übereinstimmungen bei der Klarinette sind insgesamt vier – drei *dunkel* und eine *hell*.

Bei den Farben gestaltet sich schwer eine allgemeine Farbe für einen bestimmten Ton festzulegen. Die gelbe Farbe sticht beinahe wie eine einheitlich beliebte Farbe heraus, da sie für viele Töne gewählt wird. Darauf folgen die Farben blau und grün, die auch gerne gewählt werden. (Eine ähnliche Präferenz zu gelb und grün ist auch bei Emmet (1994) belegt). Am seltensten werden die weiße (s. Emmet) und die schwarze Farbe für eines der Klangbeispiele genommen.

Übereinstimmungen kommen vereinzelt vor: für B1 zeichnet sich die Oboe als gelb aus, für B3 als weiß. M3 empfindet den Sägezahnton als blau, B3 als weiß. Die Trompete und das Klavier wurden von B1 und B5 übereinstimmend als gelb eingeordnet. Für B5 „klang“ auch das Horn beide Male gelb. Die Flöte wurde von B1 als blau und von B5 als schwarz wahrgenommen.

**Auswertung 1**

Beisp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Stimulus	Oboe_C4	Sinus_C4	Sägezahn_C4	Trompete_C4	Klavier_C4	Horn_C4	Flöte_C4	Klarinette_C4	Gitarre_C4	Flöte_C4	Sägezahn_C4	Cello_C4	Trompete_C4	Oboe_C4	Klavier_C4	Klarinette_C4	Horn_C4	Gitarre_C4	Sinus_C4	Cello_C4		
Kind Gr.1	d	h	h	h	h	d	h	d	h	h	h	d	h	h	h	d	h	h	h	h	h	
M1	h	h	d	d	h	h	h	d	h	h	h	d	h	h	h	d	h	h	h	h	h	
M2	h	d	h	d	h	h	h	d	h	h	h	d	h	h	h	d	h	h	h	h	h	
M3	h	d	h	d	h	h	h	d	h	h	h	d	h	h	h	d	h	h	h	h	h	
B1	d	d	h	h	d	d	h	h	d	h	h	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	
B2	h	h	h	h	d	d	h	d	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	
Kind Gr.2																						
B1	h	d	d	h	h	h	d	d	h	h	h	h	h	d	h	d	h	h	h	d	h	
B2	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	
B3	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	
B4	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	
B5	h	h	d	h	d	d	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	
Dunkel:	2	3	3	2	2	3	4	2	5	2	5	2	2	2	2	2	4	2	2	3	2	
hell	6	5	5	6	6	5	4	6	3	6	3	6	6	6	3	5	3	6	6	5	1	3

**Auswertung 2**

Beisp.	1	14	2	19	3	11	4	13	5	15	6	17	7	10	8	16	9	18	12	20	
Stimulus	Oboe_C4	Oboe_C4	Sinus_C4	Sinus_C4	Sägezahn_C4	Sägezahn_C4	Trompete_C4	Trompete_C4	Klavier_C4	Klavier_C4	Horn_C4	Horn_C4	Flöte_C4	Flöte_C4	Klarinette_C4	Klarinette_C4	Gitarre_C4	Gitarre_C4	Cello_C4	Cello_C4	
Kind Gr.1	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	d	h	h	h	h	h
M1	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	d	h	h	h	h	h
M2	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	d	h	h	h	h	h
M3	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	d	h	h	h	h	h
B1	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B2	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Kind Gr.2																					
B1	h	d	d	d	d	h	h	h	h	h	h	h	h	d	d	d	h	h	h	h	h
B2	h	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B3	h	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B4	h	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B5	h	d	h	d	d	d	h	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
Dunkel:	2	4	3	2	2	3	2	2	2	3	2	4	2	2	2	5	4	2	2	3	2
hell	6	3	5	1	1	5	6	6	6	5	5	4	6	6	3	3	6	6	5	6	3

Abb. 34 Schattierungsaufgabe /dunkel-Ergebnisse vom 14.12.23.

Auswertung 1																				
Beisp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Stimulus	Oboe_C4	Sinus_C4	Sägezahn_C4	Trompete_C4	Klavier_C4	Horn_C4	Flöte_C4	Klarinette_C4	Gitarre_C4	Flöte_C4	Sägezahn_C4	Cello_C4	Trompete_C4	Oboe_C4	Klavier_C4	Klarinette_C4	Horn_C4	Gitarre_C4	Sinus_C4	Cello_C4
Kind Gr.1	schwarz	gelb	rot	schwarz	weiß	schwarz	schwarz	weiß	grün	schwarz	weiß	blau	blau	blau	schwarz	0	0	0	0	0
M1	schwarz	gelb	rot	schwarz	blau	blau	schwarz	blau	blau	schwarz	weiß	blau	blau	blau	schwarz	0	0	0	0	0
M2	schwarz	gelb	blau	gelb	blau	gelb	grün	blau	weiß	grün	blau	rot	grün	grün	0	0	0	0	0	0
M3	gelb	gelb	blau	blau	gelb	rot	blau	rot	blau	blau	blau	weiß	gelb	0	0	0	0	0	0	0
B1	weiß	rot	schwarz	grün	rot	weiß	grün	weiß	schwarz	blau	blau	blau	blau	0	0	0	0	0	0	0
B2	schwarz	blau	gelb	rot	weiß	weiß	grün	weiß	schwarz	blau	blau	blau	gelb	0	0	0	0	0	0	0
Kind Gr.2	gelb	blau	gelb	gelb	gelb	blau	blau	gelb	gelb	blau	gelb	blau	gelb	gelb	gelb	blau	gelb	gelb	gelb	gelb
B1	blau	weiß	weiß	gelb	gelb	gelb	blau	blau	blau	weiß	weiß	blau	schwarz	gelb	grün	gelb	blau	gelb	weiß	weiß
B2	blau	weiß	weiß	gelb	gelb	gelb	blau	grün	blau	weiß	weiß	blau	schwarz	gelb	grün	gelb	blau	gelb	weiß	weiß
B3	blau	weiß	weiß	gelb	gelb	gelb	blau	grün	blau	weiß	weiß	blau	schwarz	gelb	grün	gelb	blau	gelb	weiß	weiß
B4	blau	weiß	weiß	gelb	gelb	gelb	blau	grün	blau	weiß	weiß	blau	schwarz	gelb	grün	gelb	blau	gelb	weiß	weiß
B5	blau	gelb	weiß	gelb	gelb	gelb	schwarz	blau	blau	schwarz	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	weiß	gelb
gelb	2	4	3	3	4	3	0	1	1	1	2	2	1	4	3	2	2	2	3	1
blau	2	2	1	1	1	3	3	4	3	3	3	5	1	1	0	1	1	1	0	0
schwarz	3	0	1	1	0	1	2	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
rot	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
weiß	1	1	2	1	2	1	1	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
grün	0	0	0	1	0	0	2	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2

Auswertung 2																				
Beisp.	1	14	2	19	3	11	4	13	5	15	6	17	7	10	8	16	9	18	12	20
Stimulus	Oboe_C4	Oboe_C4	Sinus_C4	Sinus_C4	Sägezahn_C4	Sägezahn_C4	Trompete_C4	Trompete_C4	Klavier_C4	Klavier_C4	Horn_C4	Horn_C4	Flöte_C4	Flöte_C4	Klarinette_C4	Klarinette_C4	Gitarre_C4	Gitarre_C4	Cello_C4	Cello_C4
Kind Gr.1	schwarz	0 gelb	rot	schwarz	weiß	schwarz	blau	blau	weiß	0 schwarz	0 schwarz	0 schwarz	0 schwarz	schwarz	weiß	0 grün	0 grün	0 blau	0 blau	0
M1	schwarz	0 gelb	rot	schwarz	blau	blau	grün	grün	blau	0 blau	0 blau	0 blau	0 grün	schwarz	blau	blau	0 blau	0 blau	0 blau	0
M2	schwarz	0 gelb	rot	schwarz	blau	blau	grün	grün	blau	0 gelb	0 gelb	0 gelb	0 grün	gelb	blau	blau	0 weiß	0 weiß	0 rot	0
M3	gelb	0 gelb	blau	gelb	blau	blau	gelb	gelb	gelb	0 blau	0 blau	0 blau	0 blau	grün	rot	rot	0 weiß	0 weiß	0 rot	0
B1	weiß	0 rot	schwarz	grün	rot	blau	rot	rot	0 rot	0 rot	0 rot	0 rot	0 weiß	blau	gelb	blau	0 blau	0 blau	0 weiß	0
B2	schwarz	0 blau	gelb	rot	weiß	blau	rot	gelb	weiß	0 weiß	0 weiß	0 grün	0 grün	blau	weiß	0 schwarz	0 schwarz	0 blau	0 blau	0
Kind Gr.2	gelb	blau	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	blau	blau	gelb	blau	blau	blau	blau	gelb	gelb	blau	gelb
B1	blau	gelb	blau	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	blau	blau	gelb	blau	blau	blau	blau	gelb	gelb	blau	gelb
B2	blau	gelb	weiß	weiß	weiß	weiß	schwarz	schwarz	gelb	grün	grün	blau	blau	weiß	grün	gelb	blau	gelb	blau	weiß
B3	blau	gelb	weiß	weiß	weiß	weiß	schwarz	schwarz	gelb	grün	grün	blau	blau	weiß	grün	gelb	blau	gelb	blau	weiß
B4	blau	gelb	weiß	weiß	weiß	weiß	schwarz	schwarz	gelb	grün	grün	blau	blau	weiß	grün	gelb	blau	gelb	blau	weiß
B5	blau	gelb	weiß	weiß	weiß	weiß	schwarz	schwarz	gelb	grün	grün	blau	blau	weiß	grün	gelb	blau	gelb	blau	weiß
gelb	2	3	4	1	3	2	3	3	4	2	3	2	0	1	1	2	1	1	3	1
blau	2	0	2	1	1	3	1	1	1	0	2	1	1	3	3	1	4	1	0	5
schwarz	3	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	2	2	0	1	0	1	0	0
rot	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
weiß	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
grün	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1

Abb. 35: Auswertung der Farb-Ergebnisse vom 14.12.23.

## Diskussion

Das Experiment konnte innerhalb der geplanten Zeit durchgeführt werden, leider nicht in den beiden Gruppen vollständig; es waren nicht immer alle Kinder anwesend bzw. das Experiment musste angepasst und gekürzt werden. Das stellt eine Herausforderung bei der Auswertung dar. Gruppendynamische Unterschiede in der Stimmung und im Experimentverlauf in beiden Gruppen zu beobachten. Fürs gemeinsame „richtige“ Musizieren blieb diesmal keine Zeit. Das vertraute Abschlussritual beendete die EMP-Einheit stimmig. Als Belohnung bekamen die Kinder einen Tiersticker (1. Gruppe) oder einen Traubenzucker-Schlecker (2. Gruppe), nachdem sie danach gefragt haben.

Aufgrund der kleinen Stichprobe können die Farbzuordnungen der anwesenden SchülerInnen nicht als für die ganze Altersgruppe aussagekräftig gelten. Tatsächlich durften maximal 8 Kinder aus den vorgelegten sechs Farben pro Instrument wählen, so dass keine eindeutigen allgemeinen Schlussfolgerungen möglich sind. Tendenziell wird das Cello *blau* bezeichnet. Fünf von acht der TeilnehmerInnen treffen diese Wahl.

Es ist einfacher die Helligkeit als Parameter bei den Instrumenten Gitarre, Trompete und Klavier zu analysieren, da acht von neun SchülerInnen diese Töne als *hell* zuordnen. Jedoch darf nicht vernachlässigt werden, dass diese Wahl möglicherweise auch mit der Vertrautheit der Klänge durch die vorigen Versuche und generell zusammenhängen könnte.

Die Stichproben-Analyse zeigt zwar keine genaue Farbassoziation als Ergebnis, jedoch weist sie auf eine mögliche Tendenz für die CMC-Bildung von Helligkeit und Instrumentenklang bei Kindern beeinflusst vom Vertrautheitsfaktor hin. Es stellt sich hier die Frage wie es möglich ist, dass verschiedene Instrumentenklänge gleich als *hell* oder *dunkel* bezeichnet werden – trotz der unterschiedlichen Instrumentenform, der spezifischen Anspielart und der unterschiedlichen Obertöne, die mitschwingen. Mithilfe von Spektrogramm-Analysen könnte man dieser Frage detailliert nachgehen, welche aber den Rahmen dieser Arbeit sprengen würden. Einzelne Audio-features werden jedoch thematisiert.

Abschließend soll gesagt werden, dass die Klang-Betrachtung der Kinder und ihre Wahrnehmung sehr intuitiv verlaufen. Wie in den vorigen Kapiteln erwähnt, kann die Reaktion

auf ein akustisches Stimulus noch empfindlicher sein als bei Erwachsenen. Unwillkürlich rezipierte und in weiterer Folge etablierte Assoziationen der angebotenen Klänge könnten auch eine Rolle spielen. Der Einsatz mancher Musikinstrumente z. B. in Kindergeschichten und -filmen, könnte zudem Konnotationen schaffen. Eine unbewusste, erfahrungsgebundene Assoziation, die im Kontext des Experiments übertragen wurde, wäre unter Umständen denkbar.

#### 5.6.4. Vierter Versuch am 21.12.2024

##### Vorbereitung aufs Experiment (Einstimmen)

Wie erwartet und von den vorigen Experimenten bestätigt, können die Kinder im Alter von 4-6 J. mit einer „kurzen“ Dauer der Übungssequenzen besser umgehen. Deshalb wird bei dem letzten Experiment eine Dauer von max. 15-20 Min angestrebt. Da die außermusikalischen Themen viel Freude bereiten und meiner Meinung nach den „ernsteren“ Umgang mit den „richtigen“ Aufgaben fördern, wird das Experiment dieses Mal von mehr „Spielen“ umrahmt. In der ersten Gruppe wiesen die Reaktionen auf die „Doppelaufgabe“ (*hell/dunkel-Farbe*) darauf hin, dass sie wegen ihrer Dauer zu anspruchsvoll ist, deshalb wird sie wieder vereinfacht.

Bei dem vierten Experiment konnten in der ersten Gruppe alle fünf und in der zweiten Gruppe vier der SchülerInnen mitmachen. In der ersten Gruppe konnten alle Kinder an drei der vier Experimente teilnehmen, mit Ausnahme von B2, der bei allen vier Stunden anwesend war. In der zweiten Gruppe waren nur B1 und B3 bei allen vier Einheiten präsent. Am letzten Experimenttag war die Konzentration bei allen Versuchspersonen allgemein besser. Dadurch, dass schon zu Beginn der Einheit ein „Mehrwert“<sup>6</sup> für jedes einzelne Kind festgelegt wurde, konnten die Experimentaufgaben meiner Meinung nach leichter bewältigt werden. Das Arbeitsmaterial und Klangstimuli waren gleich wie in den letzten Wochen. Es wurde eine neue nach dem Zufallsprinzip veränderte Reihenfolge gewählt.

Das Begrüßungslied und die zwei einführenden Lieder wurden zusammen mit der ganzen Gruppe und etwas „ausgedehnt“ gesungen, zusätzliche Bewegungs-, Variations- und

---

6 Es wurde gleich zu Beginn auf die zwei „Belohnungen“ hingewiesen, welche die letzten Male von den Kindern selbst als Bedürfnis genannt wurden, und welche sie sich an diesem Tag „verdienen“ konnten – einerseits das gemeinsame Malen und andererseits eine kleine Überraschung am Ende der Stunde.

Malaufgaben kamen hinzu und wirkten sich positiv auf die Experimentdurchführung! Die erste Strophe vom Lied „Das ist g´rade, das ist schief“ wurde gesungen und währenddessen aufs Papier übertragen:

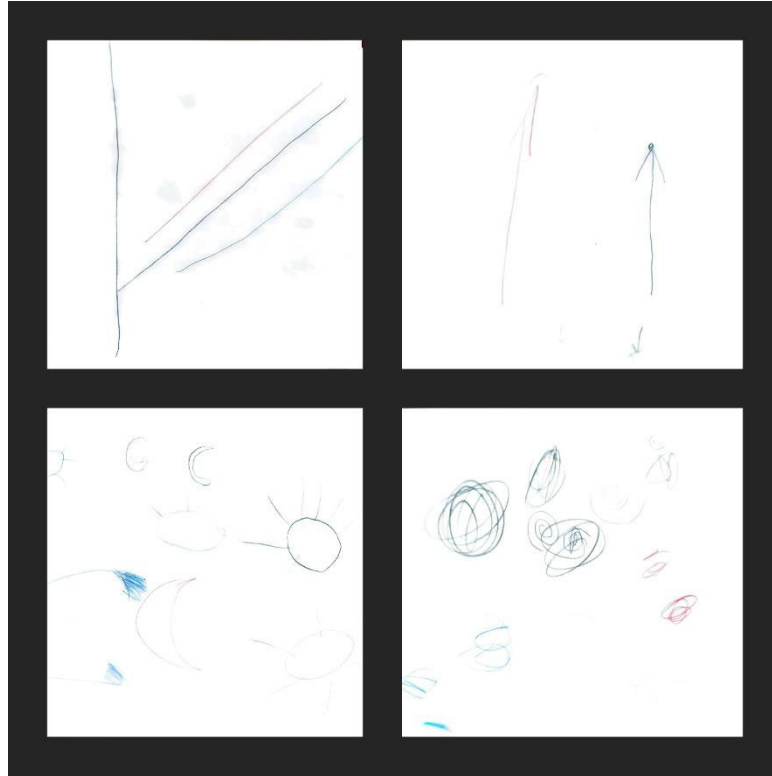


Abb. 36: Die Gegensatzpaare aus dem Lied wurden mit einfachen und leicht nachzuzeichnenden grafischen Elementen auf ein Blatt Papier übertragen. Jede/jeder der SchülerInnen durfte malen.

Bei den Begriffen *dunkel* und *hell* wurden bewusst die Symbole der Sonne und des Mondes als Überleitung zu der folgenden Ton-Aufgabe verwendet.

### **Experiment-Methode: Ton-Bewegungsspiel-Sequenz**

Der tatsächliche Ablauf wurde – wie bis jetzt mit den TeilnehmerInnen geübt – wiederholt. Die längere Einstimmphase hat den Experimentverlauf positiv beeinflusst. Die „Entscheidung“ wurde meistens sehr schnell getroffen, so dass oft nur ein einziges Abspielen notwendig war und das Experiment schneller voranging. Pausen waren nach mehreren Beispielen notwendig, dafür aber länger und mit mehreren Bewegungen zum weißen Rauschen

gestaltet. Es zeigte sich, dass der Übungsfaktor eine positive Wirkung auf die Ausführung der Aufgaben hat.

## **Ergebnisse**

Wie bei den vorigen Versuchen werden die Zuordnungen sorgfältig notiert und analysiert. Zur besseren Übersicht und Vergleich werden die Ergebnisse wie folgt zusammengefasst und sind wieder den Excel-Auswertungs-Tabellen (s. Abb. 37) zu entnehmen. Im Verlauf des Experiments kommen immer mehr Übereinstimmungen vor. Diese Tatsache kann bedeuten, dass die Kinder die auditive Sensibilität durch die Übung schulen. Jedoch sind bei mehreren Tönen die Ergebnisse der Kinder beim zweiten Hören doch unterschiedlich als beim ersten Mal, was dafür sprechen würde, dass die vorigen Klangbeispiele einen wesentlichen Einfluss auf die Wahrnehmung des Folgeklanges haben könnten und/oder dass die persönliche Konzentration eine große Rolle spielt/n.

Auch dieses Mal gibt es vorwiegend eine Präferenz zur *hell*-Zuordnung der meisten Klänge. Sollte diese Tendenz weiterhin erhalten bleiben, würde sie auf die bedeutende Rolle des Vertrautheitsfaktors deuten bzw. auf eine mögliche v. a. durch einzelne Klangbestandteile (s. g. Audio-Features) geprägte kindliche Wahrnehmung.

Ähnlichkeiten bei ihrer Rezeption weisen beim vierten Experiment der Gitarren- und der Sinus-Ton. Der Gitarrenton hat ganze sieben *hell*- und nur eine *dunkel*-Übereinstimmungen. Der Sinus-Ton bekam sechs *hell*- und zwei *dunkel*-Übereinstimmungen. Die Klänge von Trompete, Cello und Klavier haben jeweils fünf *hell* und eine *dunkel*-Übereinstimmung. Die Tendenz zur *hell*-Präferenz bleibt bei den meisten Kindern erhalten. Die Holzbläser Klarinette und die Oboe haben vier Mal eine *hell*-Übereinstimmung, wobei die Klarinette auch eine zweifache *dunkel*-Zuordnung aufweist. Als eher eindeutig *dunkel* haben die Versuchspersonen nur den Sägezahnton mit fünf Übereinstimmungen angegeben, dieser hat aber auch eine *hell*-Übereinstimmung.

Das Horn weist laut der Auswertungstabelle kein eindeutiges Ergebnis auf – es gibt zwar eine zweifache *hell*-Übereinstimmung, sonst aber immer wechselnde Zuordnungen. Gewisse Ähnlichkeiten sind auch beim („herausfordernden“) Flötenklang zu beobachten, der sowohl

zweifach übereinstimmend als *hell*, als auch als *dunkel* kategorisiert wurde und fünffach keine Übereinstimmung aufweist.

Abweichungen in den Zuordnungen der jungen Versuchspersonen von Woche zu Woche stellen sich heraus, welche von der Tagesverfassung, von den vorher abgespielten Klängen und anderen persönlichen sowie gruppendynamischen Faktoren abhängig sein könnten. Ein weiterer Vergleich der Töne auch nach einzelnen SchülerInnen wäre möglich, um zu überprüfen, inwieweit sich die subjektive Wahrnehmung eines Klanges über die 4 Wochen verändert hatte oder konstant geblieben sei.

Auswertung 1																				
Beisp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Stimulus	Gitarre_C4	Cello_C4	Hom_C4	Trompete_C4	Klarinette_C4	Oboe_C4	Sinus_C4	Sägezahn_C4	Flöte_C4	Klavier_C4	Cello_C4	Flöte_C4	Gitarre_C4	Hom_C4	Klarinette_C4	Klavier_C4	Oboe_C4	Sägezahn_C4	Sinus_C4	Trompete_C4
Kind Gr.1	h	h	d	h	h	h	h	d	h	h	d	d	h	h	h	h	d	h	h	h
M1	h	d	h	h	h	h	h	d	h	h	d	d	h	h	h	h	d	h	h	h
M2	h	d	h	h	h	h	h	d	h	h	d	d	h	h	h	h	d	h	h	h
M3	h	d	h	h	h	h	h	d	h	h	d	d	h	h	h	h	d	h	h	h
B1	d	h	h	h	h	h	h	d	h	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B2	d	h	h	h	h	h	h	d	h	d	h	d	h	h	h	h	h	h	h	d
Kind Gr. 2	h	d	d	h	d	h	d	h	d	h	h	d	h	d	d	h	d	h	h	d
B1	h	d	h	h	h	h	h	d	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	h	d
B2	h	d	h	h	h	h	h	d	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	h	d
B3	h	d	h	h	h	h	h	d	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	h	d
B4	h	d	h	h	h	h	h	d	h	d	h	h	h	h	h	h/d	h	h	h	d
B5										Nicht anwesend (NA)										
M1										Nicht anwesend (NA)										
M2										Nicht anwesend (NA)										
B6										Nicht anwesend (NA)										
M3										Nicht anwesend (NA)										
Dunkel:	2	4	4	1	2	3	2	7	3	4	1	6	1	4	4	1	2	6	3	4
hell	7	5	5	8	7	6	7	2	6	5	7	3	8	5	5	7	7	3	6	5

Auswertung 2																				
Beisp.	1	13	2	11	3	14	4	20	5	15	6	17	7	19	8	18	9	12	10	16
Stimulus	Gitarre_C4	Gitarre_C4	Cello_C4	Cello_C4	Hom_C4	Hom_C4	Trompete_C4	Trompete_C4	Klarinette_C4	Klarinette_C4	Oboe_C4	Oboe_C4	Sinus_C4	Sinus_C4	Sägezahn_C4	Sägezahn_C4	Flöte_C4	Flöte_C4	Klavier_C4	Klavier_C4
Kind Gr.1	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	h	d	h	h	h	h	h	d	h	h
M1	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	h	d	h	h	d	d	h	d	h	h
M2	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	h	d	h	h	d	d	h	d	h	h
M3	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	h	d	h	h	d	d	h	d	h	h
B1	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	d	h	h	d	d	h	d	h	h
B2	d	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	d	h	h	d	d	h	d	h	d
Kind Gr. 2	h	h	d	h	d	d	h	d	d	h	h	d	d	d	h	h	d	d	h	h
B1	h	h	d	h	d	d	h	d	d	h	h	d	d	d	h	h	d	d	h	h
B2	h	h	d	h	h	d	h	d	h	h	d	h	h	h	h	h	d	d	h	h
B3	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B4	h	h	h	h	h	h	h	h	h	d	d	h	h	h	d	d	h	h	h	h/d
B5										Nicht anwesend (NA)										
M1										Nicht anwesend (NA)										
M2										Nicht anwesend (NA)										
B6										Nicht anwesend (NA)										
M3										Nicht anwesend (NA)										
Dunkel:	2	1	4	1	4	4	1	4	2	4	3	2	2	3	7	6	3	6	4	1
hell	7	8	5	7	5	5	8	5	7	5	6	7	7	6	2	3	6	3	5	7

Abb. 37: Auswertung der hell-dunkel-Ergebnisse vom 21.12.23.

## **Diskussion**

Das Experiment fand eine große Resonanz bei den Kindern und bestätigte, dass die Übungen die Aufgaben leichter und schneller bewältigt wurden. Eventuell könnte man bei umfangreichen Experimenten regelmäßige Tests in größeren Zeitabständen durchführen. Die „Belohnungsstrategie“ erwies sich als hilfreich. Nicht nur Erwachsene, sondern auch Kinder benötigen eine „Aufwandentschädigung“, wenn eine bestimmte Leistung gefragt ist. Die Teilnahme beruht immer auf dem Prinzip der Freiwilligkeit.

In dieser kleinen Gruppenkonfiguration zeigt sich, dass die Klangwahrnehmung bei jungen ProbandInnen untersuchenswert aber auch anspruchsvoll ist. Diese Stichprobe legt nahe, dass das Thema Klang und Farbe/Helligkeitsempfinden für die Altersgruppe 4-6 J. bedeutend sein könnte, auch wenn manche Kinder mehr Interesse und Teilnahmebereitschaft zeigen als andere.

Nach den vier Versuchsterminen könnte man schlussfolgern, dass weitere Experimente innerhalb dieser Altersgruppe mit einem optimierten und flexibel gestalteten Ablauf sinnvoll wären. Bessere räumliche und technischen Bedingungen (z. B. ein bequemer separater mit einer Kamera ausgestatteter Sitzplatz für jedes Kind), bessere Experiment-Tageszeiten, eine zusätzliche Stützkraft würden für vertiefende bzw. genauere Ergebnisse sorgen. Ein Kontrollversuch hat sich nach der Auseinandersetzung mit den Auswertungen als notwendig erwiesen und wird im Sommersemester durchgeführt.

### **5.6.5. Zusammenfassung der Ergebnisse aus den vier Experimenten und Forschungsüberlegungen**

Auch wenn es sich hier um eine kleine Stichprobenarbeit handelt, stellen sich Tendenzen und Präferenzen heraus, welche auch von den gleichen Faktoren abhängig sind, wie bei den im CMC-Kapitel thematisierten Experimenten. Unten werden die Erkenntnisse ausgelegt und kommentiert, sollen mit Vorsicht betrachtet werden.

Wenn man zunächst die Faktoren Konsistenz und Variabilität der Antworten betrachtet (sowohl in Bezug auf den Faktor Helligkeit, als auch in Bezug auf die Farbzuoordnung), fallen

einerseits eine gewisse Konsistenz in der kindlichen Wahrnehmung auf, als auch erhebliche Variabilität in den Antworten der einzelnen TeilnehmerInnen. Die **Präferenz für helle Farben** bildet eine allgemeine Tendenz – unabhängig von Geschlecht, Alter oder Vorerfahrung im EMP-Unterricht. Dunkle Farben kommen grundsätzlich seltener vor.

Wenn man die erste Fragestellung mit dem einführenden Versuch vom 30.11.23 überprüft, zeigen Ergebnisse tendenziell, dass Kinder im Alter von 4-6 J. hohe Töne vorwiegend als *hell* bezeichnen. Somit wäre die Hypothese bestätigt, dadurch dass es sich aber um wenige Daten und nur eine Stichprobenstudie handelt, sollte man die Ergebnisse nur tendenziell betrachten und mit Vorsicht interpretieren.

Bei der zweiten Fragestellung deuten die Beurteilungen der Versuchspersonen darauf hin, dass bei konstanter Tonhöhe die Instrumentenklänge entscheidend für die Wahrnehmung und Zuordnung eines Klanges als *hell* oder *dunkel* ist. Diese kann also mit Bedacht auf die schon erwähnten Besonderheiten als bestätigt gelten.

Die dritte Fragestellung kann aufgrund der variablen Klangzuordnungen der Experiment Teilnehmerinnen widerlegt werden. Es kommen zwar konstante Zuordnungen der gleichen Klänge bei dem gleichen Kind vor, jedoch sind diese Ergebnisse nicht konstant und aussagekräftig genug.

Besonders starken Einfluss auf die Wahrnehmung, die Zuordnung und die Handlungen/Kommentare der Kinder bei den vier Experimenten spielen die **Vertrautheit** einzelner Instrumentenklänge. Möglicherweise deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass auch die Reihenfolge der Hörbeispielabspiele, die Tageszeit, die Umgebung, sowie die Tagesverfassung und die individuelle Konzentrationsspanne entscheidend für die Antworten der TeilnehmerInnen sein können.

Für die vertiefende Farbassoziationsstudie sollte der Versuchsablauf optimiert, verkürzt und vereinfacht sowie über einen längeren Zeitraum verfolgt werden. Es ist nicht möglich über Konsistenz der Farbpräferenzen zu sprechen, da das Experiment für manche Kinder zu anspruchsvoll war. Jedoch wird die **Gelb-Präferenz** unabhängig von Geschlecht, Alter oder Vorerfahrung im EMP-Unterricht belegt. Diese könnte aber auch ein zufälliges Ergebnis sein.

Ein **Kontrollversuch** erweist sich als sinnvoll. Der erste Versuch wird nur als vorbereitendes Experiment angesehen und bei der Gesamtauswertung nicht näher analysiert. Mit den Ergebnissen nach diesem langen zeitlichen Abstand kann überprüft werden, ob es zu Wahrnehmungsveränderungen bei einzelnen Kindern bzw. in den Tendenzen kommt.

Weitere entwicklungspsychologische, kulturelle, kontextgebundene bzw. Lern-Faktoren könnten Gegenstand einer weiterführenden und umfangreicheren wissenschaftlichen Arbeit sein. Unter Umständen könnte man auch untersuchen, ob die Wahrnehmung und Zuordnung der verschiedenen Klänge im vertrauten Unterrichtsraum und im vertrauten Wohnraum, in der Gruppe oder bei einer Einzelsession anders ausfallen. Hierfür wäre eine weitaus größere Versuchspersonengruppe nötig.

#### **5.6.6. Kontrollversuch am 06.06.24**

**Anmerkung:** Nach knapp sechs Monaten wird ein Kontrollversuch durchgeführt, der möglichst genau wie dieser vom 21.12.24 gestaltet wird. Da neue Kinder der einen Gruppe beigetreten sind, die das Experiment nicht kennen, wird zu Beginn auf die „Einführung“ Wert gelegt. Eine Versuchsdauer von max. 15-20 Min wird weiterhin angestrebt. Es ist zu beachten, dass sich die Gruppendynamik schnell ändern kann. Da das außermusikalische Thema (Gegensätze) viel Freude bereitet und aus pädagogischer Sicht den „ernsteren“ Umgang mit den „richtigen“ Aufgaben fördert, wird das Experiment auch dieses Mal von mehr „Spielen“ umrahmt. Es wird bewusst Bezug auf aktuelle Lieder und Musikgeschichten genommen, damit das Thema auch für die neuen Kinder sofort anregend ist. Die Aufgabe wird gleich in der Kurzversion (*hell/dunkel*) ausgeführt.

#### **Vorbereitung aufs Experiment (Einstimmen)**

Da vom Versuch am 21.12.23 eine detaillierte Planung schon vorliegt, wird hier darauf verzichtet. Einzelne Aspekte bei der Vorbereitung werden hier hervorgehoben (z. B., dass es u. a. auch neue TeilnehmerInnen gab) und der tatsächliche Ablauf des Experiments und seine Ergebnisse – kommentiert.

Es nahmen insgesamt 10 Kinder an diesem Experiment teil. Vier davon – zum ersten Mal. Längere Konzentrationsphasen waren zu beobachten, so dass weniger und allgemein kürzere Pausen notwendig waren. Jedoch war kein eindeutig *positiver* Einfluss auf die Ergebnisse zu bemerken. Belohnungen wurden am Ende ausgeteilt.

Durch die bekannten Lieder und die kreativen Bewegungs- und Malaufgaben wurden die Kinder (besonders die neuen TeilnehmerInnen) ins Thema eingeführt. Das Sonne-Mond-Arbeitsblatt und der Stein wurden als *visuelle Brücke* verwendet und es stellte sich heraus, dass sich alle Kinder vom Wintersemester gut daran erinnerten. Unterstützung wurde den neuen TeilnehmerInnen angeboten.

### **Experiment-Methode: Ton-Bewegungs-Sequenz**

Der tatsächliche Ablauf wurde – wie bei den ersten Versuchen mit den TeilnehmerInnen geübt – wiederholt. Es wurde darauf hingewiesen, dass die „Entscheidung“ spontan, intuitiv und schnell getroffen werden soll. Die Teilnahme beruhte auf dem Prinzip der Freiwilligkeit. Die Pausen mit Bewegungen zum weißen Rauschen wurden je nach Gruppendynamik adaptiert. Die gleichen zehn von Ambros et al. (2022) verwendeten C4-Töne wurden als Tonmaterial für die Klangaufgaben benutzt. Es wurde bewusst dieselbe zufällige Reihenfolge wie am 21.12.23 gewählt. Die Antworten der Versuchspersonen wurden während des Prozesses in die ausgedruckte Ergebnis-Tabelle vom 21.12.24. eingetragen, damit die Antworten der einzelnen Kinder unmittelbar verglichen werden konnten. Die Ergebnisse wurden dann ausgewertet und verglichen.

### **Ergebnisse**

Die Ergebnisse werden mithilfe der Excel-Auswertungs-Tabellen verdeutlicht. Einerseits sollen die Antworten vom 06.06.24 (s. Abb. 38) separat betrachtet werden. Danach kommt ein Vergleich mit den Zuordnungen vom 21.12.24 bei den Kindern, die bei beiden Terminen anwesend waren, bevor abschließend die Gesamtauswertung durchgeführt wird.

Auswertung 1																					
Beisp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Stimulus	Gitarre_C4	Cello_C4	Horn_C4	Trompete_C4	Klarinette_C4	Oboe_C4	Sinus_C4	Sägezahn_C	Flöte_C4	Klarinette_C4	Cello_C4	Flöte_C4	Gitarre_C4	Horn_C4	Klarinette_C4	Klavier_C4	Oboe_C4	Sägezahn_C	Sinus_C4	Trompete_C4	
Kind Gr.1																					
M1	h	h	h	h	h	d	h	h	d	Nicht anwesend (NA)	d	h	h	h	d	d	h	d	d	h	
M2	h	h	h	h	h	d	h	h	h	Nicht anwesend (NA)	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
M3	d	h	h	h	d	h	d	h	h	Nicht anwesend (NA)	h	d	d	d	h	h	h	d	d	d	h
B1																					
B2																					
Kind Gr. 2																					
B1	h	h	d	h	d	h	d	h	h	h	h	d	h	d	d	h	h	h	h	d	h
B2	h	d	h	h	h	d	d	d	d	d	d	d	h	h	h	h	h	d	d	h	d
B3	h	h	h	h	h	h	d	h	h	d	d	d	h	h	d	d	d	h	d	d	d
B4	h	h	d	h	d	h	h	d	h	d	h	h	h	d	h	h	h	h	h	h	d
B5	h	h	d	h	d	h	d	h	h	h	h	d	h	d	d	d	h	h	h	d	h
M1	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
M2	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	d	d	h	h	d	h	d	d	h	d
B6	h	d	h	h	d	h	d	h	h	h	d	h	h	d	h	h	h	h	h	h	h
M3	d	h	d	h	d	h	d	d	h	h	d	h	d	d	h	h	h	h	h	d	h
Dunkel:	5	2	6	3	6	4	7	4	6	4	7	6	4	7	5	6	4	6	4	7	5
hell	5	8	4	7	4	6	3	6	4	6	3	4	6	3	5	4	6	4	4	3	5

Auswertung 2																				
Beisp.	1	13	2	11	3	14	4	20	5	15	6	17	7	19	8	18	9	12	10	16
Stimulus	Gitarre_C4	Gitarre_C4	Cello_C4	Cello_C4	Horn_C4	Horn_C4	Trompete_C4	Trompete_C4	Klarinette_C4	Klarinette_C4	Oboe_C4	Oboe_C4	Sinus_C4	Sinus_C4	Sägezahn_C	Sägezahn_C	Flöte_C4	Flöte_C4	Klavier_C4	Klavier_C4
Kind Gr.1																				
M1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
M2	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
M3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B1	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Kind Gr. 2																				
B1	h	h	h	h	d	d	h	h	d	h	h	h	d	d	h	h	h	d	h	h
B2	h	h	d	h	h	h	d	h	h	h	h	d	d	h	d	d	d	d	d	h
B3	h	h	h	h	d	d	h	h	h	h	h	d	d	h	h	h	h	d	d	h
B4	h	h	h	h	d	d	h	h	d	h	h	d	d	h	h	h	h	d	d	h
B5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
M1	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
M2	d	h	h	h	d	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B6	d	h	h	h	d	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
M3	d	d	h	h	d	h	d	h	h	h	h	d	d	h	h	h	h	d	d	h
Dunkel:	1	1	1	3	2	4	1	3	3	3	2	2	4	4	2	3	2	4	3	2
hell	5	5	5	3	4	2	5	3	3	3	4	4	2	2	4	3	4	2	3	4

Abb. 38: Auswertung der hell-dunkel-Ergebnisse vom 06.06.24.

Grundsätzlich ist auch bei diesem Kontrollversuch eine **Präferenz zur hell-Zuordnung** der meisten Klänge zu beobachten, sodass man wieder von einer **Tendenz** sprechen könnte. Einzelne Versuchspersonen, z. B. M1 aus der zweiten Gruppe, hatte Zuordnungsschwierigkeiten. Die Ergebnisse liefern allgemein widersprüchliche Zuordnungen, die im Vergleich zu den vorigen Experimenten wenig schlüssig sind. Hier werden einige Einzelbeobachtungen ausgelegt, welche die nicht eindeutige Klassifizierung der Klänge wiedergeben.

Der Gitarrenton hat dieses Mal bei 10 TeilnehmerInnen fünf *hell*- und vier *dunkel*-Übereinstimmungen, beim vorigen Versuch waren es sieben *hell*- und eine *dunkel*-Übereinstimmung bei insgesamt neun Kindern. Der Sinus-Ton bekam beim Versuch am 06.06.24 nur eine *hell*- und *fünf* *dunkel*-Übereinstimmungen. Die anderen fünf Versuchspersonen hatten unterschiedliche Wahrnehmung beim ersten und zweiten Hören des Tones. Das Cello hatte in 5 Fällen keine Übereinstimmung, die übrigen 5 Übereinstimmungen sind es drei – *hell* und zwei – *dunkel*. Die Oboe und die Trompete haben vier Mal eine *hell*-Übereinstimmung, wobei beide auch „4 Keine Übereinstimmungen“ bekamen. Das Horn weißt auch eine eher *dunkel*-Zuordnungen (fünfmal). Der Flötenklang wurde dreifach als *dunkel* und nur einmal als *hell* kategorisiert. Hier gibt es aber sechsfach keine Übereinstimmung. Als nicht eindeutig *dunkel* haben die Versuchspersonen den Sägezahnton mit drei *dunkel*- und zwei *hell*-Übereinstimmungen angegeben, dieser hat aber auch fünf Mal keine Übereinstimmung.

Auch bei diesem Versuch weichen die Ergebnisse der jungen Versuchspersonen teilweise ab und dürfen von der Tagesverfassung, von den vorher abgespielten Klängen und anderen persönlichen sowie gruppendynamischen Faktoren abhängig sein. Nach dieser Auseinandersetzung mit den Zuordnungen vom 06.06. folgt der Vergleich mit den Angaben vom 21.12.24, welche der untenstehenden Tabelle zu entnehmen sind:

Auswertung 1										
Beisp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Stimulus	Gitarre_C4	Cello_C4	Horn_C4	Trompete_C4	Klarinette_C4	Oboe_C4	Sinus_C4	Sägezahn_C	Flöte_C4	Klavier_C4
	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24
Kind Gr.1										
M1	h	h	d	h	h	h	h	d	h	h
M2	h	d	h	h	h	d	h	d	h	h
M3	h	d	h	h	d	h	h	d	h	h
B1	d	h	h	h	h	h	d	d	h	h
B2	d	h	h	h	h	h	h	d	h	h
Kind Gr. 2										
B1	h	h	d	h	d	h	d	h	h	h
B2	h	d	h	d	h	d	h	d	d	d
B3	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B4	h	h	d	h	h	d	h	d	h	d
B5	h	h	h	h	h	h	h	d	h	d
M1	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
M2	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
M3	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Dunkel:	2	4	6	1	2	3	2	7	3	4
hell	7	5	4	8	7	6	7	2	6	5
Auswertung 2										
Beisp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Stimulus	Gitarre_C4	Cello_C4	Horn_C4	Trompete_C4	Klarinette_C4	Oboe_C4	Sinus_C4	Sägezahn_C	Flöte_C4	Klavier_C4
	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24
Kind Gr.1										
M1	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
M2	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
M3	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B1	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B2	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Kind Gr. 2										
B1	h	h	d	h	d	h	d	h	d	d
B2	h	h	d	h	d	h	d	h	d	d
B3	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B4	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B5	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
M1	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
M2	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
M3	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Dunkel:	2	4	6	1	2	3	2	7	3	4
hell	7	5	4	8	7	6	7	2	6	5

Abb. 39: Auswertung der hell-dunkel-Ergebnisse 1-10 vom 21.12.23 und vom 06.06.24.

Auswertung 1		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20	
Beisp.	Stimulus	Cello_C4	Flöte_C4	Flöte_C4	Gitarre_C4	Horn_C4	Klarinette_C4	Klavier_C4	Oboe_C4	Sägezahn_C	Sägezahn_C4	Sägezahn_C	Sägezahn_C4	Oboe_C4	Sägezahn_C	Sägezahn_C4	Sinus_C4	Sinus_C4	Trompete_C4	Trompete_C4	
		21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24
Kind Gr.1																					
M1	d	NA	d	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h
M2	d	d	d	h	h	h	d	h	h	d	h	h	h	d	h	h	h	d	h	h	h
M3	h	NA	d	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h
B1	h	h	h	h	h	d	h	d	h	h	h	h	h	h	h	h	d	d	h	h	h
B2	h	NA	d	NA	h	NA	d	NA	h	NA	d	NA	h	NA	d	NA	h	NA	d	NA	d
Kind Gr. 2																					
B1	h	h	d	d	h	d	d	d	h	h	h	h	h	d	h	h	d	d	h	d	h
B2	h	d	d	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	d	h	h	h	h	h	d	d
B3	h	d	h	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	d	h	h	h	h	h	d	d
B4	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
M1	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA
M2	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA
B6	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA
M3	NA	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Dunkel:	1	7	6	6	1	4	4	7	4	5	1	6	2	4	6	3	3	7	4	5	5
hell	7	3	3	4	8	6	5	3	3	5	7	4	7	6	3	4	6	4	3	5	5
Auswertung 2																					
Beisp.	Stimulus	Oboe_C4	Oboe_C4	Oboe_C4	Sinus_C4	Sinus_C4	Sinus_C4	Sägezahn_C	Sägezahn_C4	Sägezahn_C	Sägezahn_C4	Sägezahn_C	Sägezahn_C4	Flöte_C4	Flöte_C4	Flöte_C4	Flöte_C4	Flöte_C4	Flöte_C4	Klavier_C4	Klavier_C4
		21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24	21.12.23	06.06.24
Kind Gr.1																					
M1	h	NA	NA	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h
M2	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
M3	h	NA	NA	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h
B1	h	h	h	h	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h
B2	h	NA	NA	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h	NA	h
Kind Gr. 2																					
B1	h	h	d	h	d	d	d	h	h	h	h	h	h	d	d	d	d	d	d	h	h
B2	d	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	d	d	d	d	d	d	h	h
B3	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B4	d	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
M1	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA	d	NA
M2	NA	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
B6	NA	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
M3	NA	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Dunkel:	3	4	2	4	2	7	3	7	3	6	4	6	3	6	4	6	4	4	4	4	1
hell	6	6	7	6	7	3	6	3	2	6	3	3	2	6	4	3	4	5	6	7	5

Abb. 40: Auswertung der hell-dunkel-Ergebnisse 11-20 vom 21.12.23 und vom 06.06.24.

## Diskussion

Da letztendlich nicht viele Teilnehmerinnen bei beiden Versuchen anwesend waren lässt sich nicht viel Vergleichbares bzw. Allgemeingültiges ermitteln. Es gibt in den Gruppen tatsächlich Kinder, die meist konstant die Töne einzelner Musikinstrumente zuordnen. Wenn man die *hell-dunkel*-Ergebnisse der sechs SchülerInnen vergleicht, die an beiden Tagen teilgenommen haben, fallen folgende von diesen wegen der konstanten Zuordnung einzelner Klänge auf: B1 aus Gruppe 2 mit sechs konstanten Zuordnungen von Gitarre – *hell*, Horn – *dunkel*, Klarinette – *dunkel*, Sinus – *dunkel*, Sägezahn – *hell*, Klavier – *hell*. B1 aus der ersten Gruppe und B2 aus der zweiten haben 4 Übereinstimmungen gleich. Bei B1 sind die Gitarre, das Cello, die Trompete und die Oboe eindeutig *hell*, der Sinuston – *dunkel*. B2 empfindet Gitarre, Horn und Klarinette als *hell* und die Trompete und den Sägezahn als *dunkel*. Für M1 sind die drei konstanten Zuordnungen folgende: Trompete, Oboe und Gitarre – eindeutig *hell*. Bei B4 sind Gitarre, Cello und Flöte – *hell*. B3 hat nur eine Übereinstimmung von der Gitarre als *hell*.

Am 06.06.24 kommen **allgemein weniger Übereinstimmungen** vor als am 21.12.24. Ungefähr die Hälfte alle Antworten pro Instrument stimmt nicht beim ersten und zweiten Hören des Tones überein. Die Tendenz, dass ein Kind beim zweiten Hören denselben Ton gegenteilig beurteilt, ist allgemein präsent und bei manchen Kindern sogar stark ausgeprägt– z. B. bei M2 aus der ersten und B3 aus der zweiten Gruppe. Mögliche Gründe dafür könnten z. B. sein: eine mangelnde Konzentration, der Einfluss der vorigen Klangbeispiele oder die Gruppendynamik.

Nach dem Vergleich von 21.12.23 und dem 06.06.24 wird deutlich, dass die **Klangwahrnehmung** bei Kindern im Alter von 4-6 J. von Messpunkt zu Messpunkt **unterschiedlich** ausfällt, was auf individuelle und kontextgebundene Faktoren zurückzuführen ist. Die unterschiedliche persönliche kognitive und soziale Entwicklung sowie die der sensorischen Wahrnehmung und die Schulung der sprachlichen und musikalischen Fähigkeiten bei Kindern in dieser Altersgruppe spiegeln sich in den Ergebnissen wieder. Einerseits gibt es individuelle Stabilität, andererseits – auch eine große Variabilität in den Zuordnungen. Bei dem Pilot-Experiment handelt es sich um eine Stichprobenarbeit, welche Hinweise auf Tendenzen und potentielle Forschungsimpulse liefert und den Studienwert des Themas in dieser

Altersgruppe bestätigt. Um diese Tendenzen genauer zu untersuchen, wären umfangreiche Langzeitstudien mit mehreren TeilnehmerInnen notwendig.

Die Tatsache, dass fast bei jedem Experiment andere Kinder in der Gruppe waren, spielte eine wichtige Rolle für die Dynamik und den Ablauf. Nach diesem Kontrollversuch wird wie erwartet bestätigt, dass sich Kinder von äußeren Umständen stark beeinflussen lassen, v.a. wenn sich die Versuchspersonenanzahl innerhalb der Testgruppe sich von Messpunkt zu Messpunkt ändert.

Weitere Versuche im Rahmen des Unterrichts sollten optimiert geplant und durchgeführt werden. Der vertraute und sichere Unterrichtsraum bietet eine gute Ausgangslage für einen erfolgreichen Experimentverlauf, jedoch ist es beim wöchentlichen Unterricht nicht leicht, da man die Präsenz der Kinder schwer kontrollieren kann. Bei einem potentiellen weiteren Experiment könnte man eventuell die Eltern im Paar mit dem Kind gemeinsam testen – in der Gruppe und alleine. Eventuell sollten sie sich über einen noch längeren Zeitraum erstrecken und möglichst die gleichen TeilnehmerInnen beinhalten.

Da die bisherigen Zuordnungen so gut wie keine vergleichbare Zusammenhänge zwischen der Helligkeits- und Dunkelheitswahl und den einzelnen Instrumentenklängen aufweisen konnten, wäre es möglich noch den Einfluss von bestimmten Audiomerkmalen auf die Zuordnung als *hell* oder *dunkel* zu untersuchen. Eine Korrelationsanalyse wurde via JASP durchgeführt, geprüft und berücksichtigt die Termine 2-4, da der erste Termin zur Einführung dient und der 5. Termin keine aussagekräftigen Ergebnisse geliefert hatte. Es werden die TeilnehmerInnenantworten bearbeitet, die an diesen Terminen **immer anwesend** waren. Die einzelnen Audio-Eigenschaften, welche für die Klangwahrnehmung und ihre Beurteilung als *hell* oder *dunkel* sind in den Audiofeatures-Grafiken im Anhang ersichtlich. Hier folgt eine zusammenfassende Grafik der relevanten Klangmerkmale, welche in weiterer Folge interpretiert werden:

Audiofeatures korrelieren mit der Wahl von dunkel_gesamt		
	r	p
spectral_energy_150_800Hz	0,775	0,008
mfcc8	0,713	0,021
mfcc10	0,675	0,032
spectral_contrast_200_400Hz	0,646	0,043
spectral_decrease	-0,654	0,04
mfcc12	-0,726	0,017
hell_gesamt	-0,845	0,002

Audiofeatures korrelieren mit der Wahl von hell_gesamt		
	r	p
spectralFluxMean	0,839	0,002
spectral_decrease	0,735	0,015
mfcc12	0,717	0,02
rmsTerzband16_1000_Hz	0,658	0,039
rmsOktavband4_250_Hz	-0,673	0,033
rmsTerzband10_250_Hz	-0,679	0,031
mfcc10	-0,68	0,03
harmonicPercussiveRatio	-0,682	0,03
spectral_energy_150_800Hz	-0,929	<,001

Audiofeatures korrelieren mit der Wahl von dunkel_M_2-M-4		
	r	p
mfcc8	0,734	0,016
rmsGammatone4	0,684	0,029
rmsTerzband15_800_Hz	0,644	0,044
mfcc10	0,636	0,048
hell_M2-4	-0,734	0,016
mfcc12	-0,758	0,011

Audiofeatures korrelieren mit der Wahl von hell_M_2-M-4		
	r	p
spectralFluxMean	0,798	0,006
mfcc12	0,792	0,006
spectral_decrease	0,754	0,012
envelopeKurtosis	0,678	0,031
fluctuationVacilZwicker	0,655	0,04
mfcc8	-0,667	0,035
mfcc10	-0,679	0,031
spectral_energy_150_800Hz	-0,845	0,002

Abb. 41: Korrelations-Berechnungen via JASP

Als für die *hell*-Zuordnung entscheidend lassen sich anhand der Tabelle die Klangbestandteile zusammenfassen wie:

- Tonal Energy: (r = 0.65, p = 0.04)
- Spectral Flux (r= 0.84; p= 0.0)
- Brightness: stark positiv
- Spectral Spread: r = -0.81, p < 0.01
- Bestimmten harmonischen Strukturen des Klanges (ermittelt durch MFCC-Koeffizienten).

Die *dunkel*-Zuordnung scheint abhängig zu sein von:

- RmsOktavband10\_16000\_Hz: r = 0.801, p < 0.001
- Spectral Energy (150-800Hz): r = 0.78, p = 0.01
- Spectral Contrast (200-400 Hz) : r =0.65; p= 0.04

- Bestimmten harmonischen Strukturen des Klages (ermittelt durch MFCC-Koeffizienten).

In den Korrelations-Berechnungen zeigen sich die r- und p-Werte für die Features, nicht nur über die Versuche bei den Messzeitpunkten 2-4 bestehen bleiben, sondern auch über alle Versuche. Einige Features stimmen gut überein. Wenn man die Gesamtanzahl der Helligkeit- bzw. Dunkelheitszuordnungen überprüft, welche mit den jeweiligen Audiofeatures korrespondieren, wird deutlich, wie die Auswahl an Helligkeit bzw. Dunkelheit mit dem An/Absteigen des Wertes für diese Eigenschaft korreliert. Über alle Messzeitpunkte und über die M2-M4 macht sich bemerkbar, dass die Helligkeit mit ansteigendem Spectral-Flux-Wert steigt. Sowohl bei abfallenden Werten vom Anteil der spektralen Energie zwischen 150 und 800 Hz, als auch bei ansteigenden Werten von Spectral Decrease, ist das gleiche Ergebnis zu beobachten.

Das heisst: Je mehr Bewegung/Fluktuationen im Klang ist/sind (Spectral Flux), je mehr die Verteilung der spektralen Energie sich zu den höheren Frequenzen verlagert (Spectral Decrease) und je weniger spektrale Energie im Bereich zwischen 150 und 800 Hz ist (= je weniger ausgeprägt die Tiefen/Mitten sind), also insgesamt: je heller und fluktuierender der Klang ist, desto eher wird hell gewählt.

Bei den Dunkel-Zuordnungen zeigt sich das gegenteilige Ergebnis. Je stärker die spektrale Energie im Bereich zwischen 150 und 800 Hz ist, also je ausgeprägter die Tiefen/Mitten sind, und je weniger sich die spektrale Energie zu den höheren Frequenzen hin verlagert (Spectral Decrease), desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Kinder den Klang als *dunkel* bezeichnen. Diese Schlussfolgerungen wären als im Einklang mit den bisherigen Studien (je heller der Klang, desto heller die Farbwahl) anzusehen.

Die zuvor via G\*Power ausgerechnete Grenze, ab welchem r man auf eine relativ schlüssige Effektstärke kommt ( $r > 0,549$  bzw.  $r < -0,549$  bei Effektstärke 0,75) kann hier nicht berücksichtigt werden, da man keine fixe Versuchspersonenanzahl hat, sondern eine unbestimmte (bzw. auf jeden Fall kleiner als 10) von Kindern, die Helligkeiten einschätzen hat.

Allgemein ließe sich aus den nicht eindeutigen Ergebnissen in der Kleingruppe beim Kontrollversuch schlussfolgern, dass weitere Experimente innerhalb dieser Altersgruppe mit einem optimierten und flexibel gestalteten Ablauf sinnvoll wären.

### 5.6.7. Ergebnisse, Tendenzen und abschließende Schlussfolgerungen

Die Auseinandersetzung und die Gegenüberstellung der Ergebnisse von den einzelnen Messzeitpunkten werfen einige Fragen über die Klangwahrnehmung von Kindern und über ihre **Abhängigkeit von mehreren Einflussfaktoren** auf. Aufgrund der begrenzten Stichprobengröße sind die Ergebnisse nicht aussagekräftig genug und nicht ohne Weiteres auf die gesamte Altersgruppe verallgemeinerbar.

Zunächst wurden die Daten für jeden Termin separat ausgewertet und dann erfolgte ein Vergleich der Ergebnisse von Messzeitpunkt zu Messzeitpunkt, bis schließlich eine differenzierte Detailauswertung der Zuordnungen der Versuchspersonen vollzogen wurde, die bei allen Experimenten anwesend waren. Wie schon erwähnt wurden bei der Gesamtauswertung nur die Termine 2-4 unter Betracht genommen. Man könnte mit Vorsicht schlussfolgern:

- Je stärker der *spectral flux* ist – desto häufiger wird hell gewählt;
- Je höher der *spectral decrease* ist – desto eher wird hell gewählt.
- Je stärker der Anteil an spektraler Energie zwischen 150-800 Hz ist, desto eher wird dunkel gewählt.

Allgemein ist eine erstaunliche Stabilität in den Klangbeurteilungen ist bei einzelnen Kindern zu bemerken. Ein möglicher dafür entscheidender Faktor könnte die durch die Übung Woche für Woche gewonnen **Vertrautheit** sein. Jedoch fällt bei der Mehrheit der SchülerInnen auch eine Variabilität auf.

Es zeigt sich eine durchaus stark präsenzte **Präferenz für die hell-Zuordnung**, d. h. die meisten Kinder wählen grundsätzlich *hell* öfters als *dunkel*. Die gelbe Farbe scheint auch sehr beliebt zu sein. Sowohl einzelne Klanganteile (z. B: Helligkeit, hoher Frequenzanteil, Klang-Komplexität etc.) als auch die Gruppendynamik oder andere persönliche Faktoren (wie z. B. die Tagesverfassung) können der Grund dafür sein (wie schon bei Emmett, 1994 thematisiert).

**Individuelle Unterschiede**, welche schon bei Säuglingen auftreten (Walker et al, 2010) sind hier auch deutlich ausgeprägt. Dieses könnte ein Zeichen auf die Sensibilisierung und Entwicklung der auditiven Wahrnehmung der TeilnehmerInnen durch diese „Schulung“ oder die Interaktion während und nach der Experimenteinheit hinweisen.

Ähnlich wie bei Smith und Sera (1992) tritt auch bei diesem Pilot-Experiment der schon erwähnte **Störfaktor** auf. Dadurch könnte die allgemein inkonsistente bzw. kontroverse Zuordnung von Klängen mit hohen Frequenzanteilen als *dunkel* durch einzelne Kinder erklärt werden.

Diese Stichprobenarbeit liefert auch Forschungsimpulse im Zusammenhang mit der kindlichen Wahrnehmung allgemein und den Klang-Farb/Helligkeit-CMC bei Kindern in der Altersgruppe 4-6 J. Um Wahrnehmungsmuster zu erfassen, sind einerseits Studien mit mehreren Versuchspersonen unter kontrollierten Bedingungen über einen längeren Zeitraum notwendig, andererseits – eine Korrelationsuntersuchung mehrerer Variablen wie z. B: Alter, musikalische Vorerfahrung, Klangzuordnung als hell/dunkel/zu einer Farbe/einem Gefühl (s. Roth, 1951) von verschiedenen Instrumentenklängen etc.

Die Forschungserkenntnisse können in weiterer Folge auch im Rahmen des Musikunterrichts angewendet werden. So können neue Unterrichtsmethoden und Tools entwickelt werden, welche für PädagogInnen die Stundengestaltung optimieren, damit die jungen MusikerInnen im Laufe der Ausbildung bestens auf ihrem musikalischen Weg betreut und gefördert werden.

## 6. Fazit

Dieser Masterarbeit über die Crossmodal Correspondences (CMC) zwischen Klang und Farbe/Helligkeitsempfinden bei Kindern im Alter von 4-6 J. liegt eine umfangreiche Recherche und die Betrachtung des Themas aus mehreren wissenschaftlichen Perspektiven zu Grunde. Da es sich bei den CMC um assoziative Verknüpfungen aufgrund von multisensorisch erlebten Reizen (Parise, 2015) handelt, bilden zu Beginn der Arbeit die medizinische sowie neuro- und entwicklungspsychologische Perspektive den analytischen Ausgangspunkt, gefolgt von der Auseinandersetzung mit mehreren relevanten Studien und einem kleinen Pilot-Experiment.

Nicht nur der Gehirnaufbau, sondern auch die menschlichen Wahrnehmung und der Wahrnehmungsprozess an sich erweisen sich als sehr komplex und vielschichtig. Da man über die Sinnesrezeptoren distante Stimuli aufnimmt, welche in den entsprechenden Gehirnarealen verarbeitet werden, kann man sagen, dass man dadurch in Kontakt mit der Umgebung tritt (Gregory, 20021; Goldstein, 2023; u. a.). In weiterer Folge werden diese Stimuli im limbischen System verarbeitet und emotional bewertet, damit schließlich als Reaktion auf den Reiz (eine/keine Handlung) folgt. Es kommt unter Umständen zu multisensorischen Erlebnissen, weil die einzelnen Gehirnareale ohne feste Grenzen miteinander eher verbunden als abgetrennt sind, und weil dadurch die gleichzeitige Aktivierung mehrerer Gehirnbereiche und ein Informationsfluss zwischen den einzelnen Zentren ermöglicht wird (Gregory, 2001). Die Entwicklung der multisensorischen Wahrnehmung könnte durch die „Kreuzung“ der Nervenbahnen von den Sinnesorganen Ohr und Auge im limbischen System erklärt werden. In diesem Zusammenhang wird grob zwischen Crossmodal correspondences und Synästhesie unterschieden.

Wenn es sich dabei um willkürlich und bewusst steuerbare assoziative Verknüpfungen von skalierbaren sensorischen Merkmalen durch alle möglichen Sinnesmodalitäten handelt – spricht man von CMC (Spence, 2010, S.80; Wesselein /Frings, 2021, S. 222–223; Parise, 2015, S. 1). Ein unwillkürliches und nicht bewusst steuerbares Mitempfinden von zwei oder mehreren heterogenen Sinnesqualitäten (Schlemmer/ Hemming, 2018, S. 604) bezeichnet man als „Synästhesie“, jedoch werden beide Begriffe häufig synonymisch verwendet, was oft zu Missverständnissen und Verwirrung führen kann.

Sowohl die CMC-Bildung, welche die Allgemeinheit betrifft (Pinardi et al. 2023, S. 1), als auch die Synästhesie, welche nur bei 1-2% der Bevölkerung nachgewiesen wird (Ramachandran / Hubbard, 2001, S. 9; Maurer, D.; Pathman, Th.; Mondloch, 2006, S. 317.), treten schon im frühen Kindesalter auf. Deshalb wird es gezielt untersucht, ob die Fähigkeit zur intermodalen Verknüpfung/synästhetischen Wahrnehmung angeboren oder angelehrt seien. Eine Kombination von angeborenen und antrainierten Korrespondenzen wäre in diesem Kontext denkbar (Jewanski, 2017, S. 134).

Man kann spekulieren, ob und inwieweit Synästhesie durch Übungen ausgelöst werden kann (und ob es sich dabei nicht um CMC handelt). Dass sie vererbbar ist – ist wissenschaftlich nachgewiesen (Baron-Cohen, 1996, S. 1077; Harrison, 2007, S. 190). Bei der Synästhesie liegt die Prävalenzrate (die Vererbwahrscheinlichkeit) in einer Familie mit Synästhesie bei den Eltern teilen bei 48% (ebenda).

Allgemein lässt sich schlussfolgern, dass jeder im Stande wäre CMC herzustellen, welche von individuellen Faktoren geprägt sind. Zahlreiche CMC-Studien liefern essentielle Schlussfolgerungen über in der Allgemeinheit oft vorkommende Verbindungen. Im Bereich CMC bei Kindern sind z. B. folgende Korrespondenzen bestätigt:

- dass tiefe Frequenzen mit Blau und Violett, mittelhohe mit Rot und Orange, hohe mit Gelb und Grün korrelieren (Simpson / Quinn / Ausubel, 1956);
- dass es Korrespondenzen zwischen musikalischem Charakter (Musikgenre; musikalischer Grundstimmung) und Farbempfindungen gibt (Wagner, 1988);
- dass die Größe eines Objekts bzw. das Dunkelheitsempfinden mit der Lautstärke eines Tones korrelieren (Smith / Sera, 1992);
- dass es bei Kindern geschlechts- und alters-spezifische Tendenzen zur Farbempfindung von musikalischen Klängen gibt. Grundsätzlich werden bunte Farben gewählt und die weiße Farbe nicht als solche wahrgenommen (Emmett, 1994);
- dass auch Kinder assoziative Verknüpfungen zwischen Sprachklang und grafischer Form herstellen (Maurer / Pathman / Mondloch, 2006);

- dass die CMC-Bildungsfähigkeit angeboren ist (Walker et al 2010) und dass es eine CMC zwischen räumlicher und akustischer Höhe gibt (Nava / Grassi / Turati, 2014/201; Walker et al. 2017);

Die entwicklungspsychologischen Besonderheiten, die sozialen und die sprachlichen Kompetenzen sind bei Kindern entscheidende Faktoren für ihre Wahrnehmung und die Fähigkeit zur Bildung von CMC. Von Kindern im Alter von 4-6 Jahren ist es zu erwarten, dass die grundlegenden Entwicklungsprozesse auf einem genügenden Level abgeschlossen sind und dass sie über ein breites musikalisches „Können“ verfügen. Zur Unterscheidung von Parametern wie *langsam* und *schnell* (Young, 1982, S. 128; S.131) und dem Erkennen von heiterem und traurigem Ausdruck aufgrund des Tempos (Trehub et. al., 1985, S. 289; 1989 S. 19; 1993, S. 285–286) sind 3-4-j. Kinder im Durchschnitt fähig. Zusätzlich tritt ab 4 J. das Singen improvisierter Lieder aufgrund vom Sprachrhythmus mit teilweise drei oder vier unterschiedlichen Tonlängen auf (Moog, 1968, S. 100). In diesem Alter kann ein Kind zwei Schläge mit Rhythmusstäben zu einem laufenden Musikstück synchronisieren (Shuter, 1968, S.74–75), das Liedrepertoire, das Tonarts- und Metrums-Gefühl wachsen (Gembris, 2005, S. 428–429) und es ist auch die Fähigkeit zur Unterscheidung verschiedener Instrumentenklänge wissenschaftlich belegt (Gross et al. 1987; Pick / Palmer 1993, S. 207).

Nach der Auseinandersetzung in dieser Masterarbeit mit den CMC von Klang und Farbe bei Kindern im Alter 4-6 J. aus der Perspektive der (multisensorischen) Wahrnehmung wurde die Komplexität und Forschungsrelevanz des Themas deutlich. Die chronologische Betrachtung der erwähnten Studien von Smith / Sera (1992); Emmett (1994), Crisinel / Spence (2010) u. a. bestätigt, dass Kinder in dieser Altersgruppe dazu neigen crossmodale Verknüpfungen herzustellen und auszudrücken. Diese wurden empirisch mit dem Pilot-Experiment untersucht und geben musik-pädagogische Impulse für die Integration einzelner Elemente im Unterricht und im Alltag der Kinder allgemein .

Da es sich dabei um eine Stichprobenstudie handelt, sollen die Ergebnisse mit Vorsicht interpretiert werden, auch da von Messpunkt zu Messpunkt die Anzahl der TeilnehmerInnen und ihre Zuordnungen sehr variabel (teilweise widersprüchlich) waren. Die Ergebnisse legen nahe, dass Instrumentenklänge auch bei 4-6 J. Kindern spontane CMC mit Farben bzw.

Helligkeitsempfinden auslösen können, welche bei passender Leitung im musikalischen Kontext angewendet werden können, um ein pädagogisches Ziel zu erreichen.

Es hat sich eine allgemeine Präferenz zu hell-Zuordnungen gezeigt – auch bei konstanter Tonhöhe. Über die Analyse der Audiofeatures der vorgespielten Klänge konnten folgende Zusammenhänge ermittelt werden:

Je mehr Fluktuationen im Klang enthalten sind (Spectral Flux), je mehr die Verteilung der spektralen Energie sich zu den höheren Frequenzen hin verlagert (Spectral Decrease) und je weniger spektrale Energie im Bereich zwischen 150 und 800 Hz ist (d. h. je weniger ausgeprägt die Tiefen/Mitten sind), desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass einem Klang eine helle Farbe bzw. „hell“ zugeordnet wird, bzw. mit anderen Worten: je heller und fluktuierender der Klang ist, desto eher wird hell gewählt.

Bei der Wahl von Dunkel ist es umgekehrt: je stärker die spektrale Energie im Bereich zwischen 150 und 800 Hz ist (d. h. je ausgeprägter die Tiefen/Mitten sind) und je weniger sich die spektrale Energie zu den höheren Frequenzen hin verlagert (Spectral Decrease), desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass "dunkel" gewählt wird.

Das Pilot-Experiment hat zudem gezeigt, dass der Einfluss auf die kindliche Wahrnehmung und auf die crossmodalen Verknüpfungen von mehreren v. a. individuellen Faktoren abhängig ist. Die Tagesverfassung, die Gruppendynamik, die Erfahrung, die (musikalische) Bildung und nicht zuletzt die Vertrautheit könnten somit Forschungsgrund weiterer Studien werden. Künftige Untersuchungen in diesem Zusammenhang sowie weitere detaillierte musikwissenschaftlich-pädagogische Experimente könnten sich u. a. mit dem kulturellen Hintergrund und der musikalischen Bildung als rollenspielende Faktoren auseinandersetzen. So würde man nicht nur neuere Erkenntnisse über die Entwicklung der (audio-visuellen) crossmodal correspondences bei Kindern gewinnen, sondern es wäre auch möglich, neue Lernprogramme und Tools zur Optimierung des Musikunterrichts allgemein zu entwickeln und zu testen.

## 7. Literaturverzeichnis

Ambros, S. / Jewanski, J. / Reuter, C. / Schmidhofer, A.: „Sind crossmodal correspondences kulturell erlernt? Zuordnungen von Farben und Tönen in Madagaskar“, *DAGA 2021 Wien*, S. 1076–1079.

Ansorge, U. / Leder, H.: „Multimodale Wahrnehmung“, in: Weiß, M. (Hrsg.), *Wahrnehmung und Aufmerksamkeit*, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien 2011, S. 135–139.

Argelander, A.: *Das Farbenhören und der synästhetische Faktor der Wahrnehmung*, Fischer, 1927.

Aulicino, L.: „Unraveling the Synesthetic Experience: A Survey of the Connection between Music and Synaesthesia“, in: *Psychology of Music* 41 (2013), S. 568–586.

Bamberger, J. Sh.: „*A typology of rhythm drawings. Musical and developmental implications*“, in: *The Mind Behind the Musical Ear: How Children Develop Musical Intelligence*, Cambridge / Massachusetts: Harvard University Press 1991, S. 45–67.

Baron-Cohen S.: „The autistic child's theory of mind: a case of specific developmental delay“, in: *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, Mar. 30(2) (1989), S. 285–297, <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1989.tb00241.x>

Baron-Cohen, S.: „Synaesthesia: Prevalence and Familiarity“, in: *Perception* 25(9) (1996), S. 1073–1079.

Baron-Cohen, S. / Bor, D. / Billington, J. / Asher, J. / Wheelwright, S. / Ashwin, Ch.: „Savant Memory in a Man with Colour Form-Number Synaesthesia and Asperger Syndrome“, in: *Journal of Consciousness Studies* 14(9–10) (2007), S. 237–251.

Baron-Cohen, S. / Johnson, D. / Asher, J. / Wheelwright, S. / Fisher, S. E. / Gregersen, P. K. / Allison, C.: „Is synaesthesia more common in autism?“, in: *Molecular Autism* 4(40) (2013), S. 1–6, <https://doi.org/10.1186/2040-2392-4-40>.

Bartlett, J. C.; Dowling, W. J.: Recognition of Transposed Melodies: „A Key-Distance Effect in Developmental Perspective”, in: *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 6 (1980), S. 501–515.

Baudson, T. G.: „Synästhesie, Metapher und Kreativität”, in: M. Dresler (Hrsg.), *Kognitive Leistungen* Spektrum Akademischer Verlag 2011, S. 125–148.

Bernard, J.W.: „Messiaen's Synaesthesia: The Correspondence between Color and Sound Structure in His Music”, in: *Music Perception* 4(1) (1986), S. 41–68.

Bernstein, I. H./ Eason T. R.: „Hue-Tone Sensory Interaction, A Negative Result“, in: *Perceptual and Motor Skills* 33(3) (1971), S. 1327–1330.

Boenninghaus, H.-G. / Lenarz, T.: „Anatomie und Physiologie“, in: *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*, Berlin / Heidelberg: Springer 2005, S. 6–28.

Bor, D./ Rothen, N./ Schwartzman, D. J./ Clayton, St./ Seth, Anil K.: „Adults Can Be Trained to Acquire Synesthetic Experiences”, in: *Scientific Reports* 4(7089) (2014), S. 1–8, DOI: 10.1038/srep07089.

Bouvet, L. / Amsellem, F. / Maruani, A. / Tonus-Vic Dupont, A. / Mathieu, A. / Bourgeron, T. / Delorme, R. / Mottron, L.: „Synesthesia and Autistic Features in a Large Family: Evidence for Spatial Imagery as a Common Factor“, in: *Behavioural Brain Research* 362 (2019), S. 266–272.

Bremner, A. J. / Caparos, S. / Davidoff, J. / de Fockert, J. / Linnell, K. J. / Spence, C.: „‘Bouba’ and ‘Kiki’ in Namibia? A remote culture makes similar shape–sound matches, but different shape–taste matches to Westerners”, in: *Cognition* 126 (2013), S. 165–172, <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.09.007>.

Bruhn, H.: „Entwicklung von Rhythmus und Timing”, in: *Musikpsychologie. Band 2: Spezielle Musikpsychologie*, Göttingen: Hogrefe 2005, S. 89–114.

Bruhn, H.: „*Entwicklung rhythmischer Fertigkeiten: Kognitive Aspekte der Entwicklung von Rhythmus*“, in: Müller, K. / Aschersleben, G. (Hrsg.), in: *Rhythmus: Ein interdisziplinäres Handbuch*, Münster: LIT 2000, S. 227–244.

Chica, A. B. / Bartolomeo, P. / Lupiáñez, J.: „Two cognitive and neural systems for endogenous and exogenous spatial attention“, in: *Behavioral Brain Research* 237 (2013), S. 107–123.

Cohen, A. J.; Trehub, S. E.; Thorpe, L. A.: „Effects of uncertainty on melodic information processing“, in: *Perception & Psychophysics* 46(1) (1989), S. 18–28.

Crisinel, A.-S. / Spence, Ch.: „As Bitter as a Trombone: Synesthetic Correspondences in Non-synesthetes Between Tastes and Musical Notes“, in: *Attention Perception & Psychophysics* 72(7) (2010), S. 1994–2002.

Cytowic, R. E.: „Synesthesia and Mapping of Subjective Sensory Dimensions“, in: *Neurology* 39 (1989), S. 49–850.

Cytowic, R. E. *Synesthesia: A union of the senses*, MIT Press, 1989, 2nd. Ed. 2002.

Cytowic, R. E.: *Farben hören, Töne schmecken. Die bizarre Welt der Sinne*, Berlin: Byblos 1995.

Czedik-Eysenberg, I.: „Semantische Modellierung wahrnehmungspsychologischer Musikdimensionen auf Basis von akustischen Signaleigenschaften“, Dissertation, Universität Wien 2022.

Day, S. A.: „Was ist Synästhesie?“, in: *Farbe Licht Musik. Synästhesie und Farblichtmusik*, Jewanski, J. / Sidler, N. (Hrsg.), Bern: Peter Lang 2006, S. 15–30.

Day, S. A.: *Synesthetes. A Handbook*, CreateSpace Independent Publishing Platform 2016.

Day, S. A.: „Synesthesia: A First-Person Perspective“, in: Simner, J. / Hubbard, E. M. (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Synesthesia*, New York: Oxford University Press 2013, S. 903–923.

Davidson, L. / Colley, A.: „*Children's Rhythmic Development from Age 5 to 7: Performance, Notation, and Reading of Rhythmic Patterns*“, in: Peery, J. C. / Peery, I. W. / Draper, T. W. (Hrsg.), *Music and Child Development*, New York: Springer 1987, S. 107–136.

Drieschner, E.: *Bindung und kognitive Entwicklung – ein Zusammenspiel. Ergebnisse der Bindungsforschung für eine frühpädagogische Beziehungsdidaktik*, Deutsches Jugendinstitut e. V. (Hrsg) 2011.

Driver, J. / Noesselt, T.: „Multisensory Interplay Reveals Crossmodal Influences on ‘Sensory-Specific’ Brain Regions, Neural Responses, and Judgments“, in: *Neuron* 57(1) (2008), S. 1–25.

Dowling, W. J.: „*Procedural and declarative knowledge in music cognition and education*“, in: *Psychology and Music. The Understanding of Melody and Rhythm*, 1982, S. 1–18.

Eagleman, D. M. / Kagan, A. D. / Nelson, S. S. / Sagaram, D. / Sarma, A. K.: „A standardized test battery for the study of synesthesia“, in: *Journal of Neuroscience Methods*, 159(1) (2007), S. 139–145, <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2006.07.012>.

Epping, B. / Fischer, E. P. / Rauch, J. / Wahl, H. / Wedlich, S.: *Erforschung der menschlichen Sinne. Funktionen und Leistungen, Störungen und Therapien*, Bonn / Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2006.

Emmett, K. E. A.: *Musik und Farberleben bei Kindern: Die kindliche Umsetzung der Klangfarben verschiedener Instrumente in reale Farben*, Diplomarbeit, Universität Wien 1994.

Fachner, J.: „Drogen und Musik: ein Überblick“, in: *Suchttherapie*, Stuttgart / New York: Thieme, 2005, S. 60–65.

Fachner, J.: „Musik und veränderte Bewusstseinszustände“, in: *Handbuch der Musikpsychologie*, Göttingen: Hogrefe 2018, S. 663–687.

Fellner, G. / Reuter, Chr.: „Klingt Sinus Blau und Sägezahn rot? Eine Untersuchung zu Crossmodal Correspondences bei der Wahrnehmung von synthetischen Wellenformen“, in:

*Fortschritte der Akustik – DAGA 2023 49. Jahrestagung für Akustik* (2023), Hamburg, S. 1163–1167.

Galton, Francis: „Visualised Numerals“, in: *Nature* 21, 1880, S. 252–256; 494–495.

Gembris, H.: „Die Entwicklung musikalischer Fähigkeiten“, in: *Handbuch der systematischen Musikwissenschaft, Band 3, Musikpsychologie*, Laaber: Laaber 2005, S. 394–456.

Geuter, U.: „Im Mutterleib lernen wir die Melodie unseres Lebens“, in: *Psychologie heute* 1(03) (2003), S. 20–26.

Gibson, E. J.: „Exploratory behavior in the development of perceiving, acting, and the acquiring of knowledge“, in: Rosenzweig, M.R. / Porter, L. W. (Hrsg.), *Annual Review of psychology* 39, Palo Alto, California 1988, S. 1–41.

Goethe, J. W. v.: *Zur Farbenlehre.*, Neuausgabe, Guth, K.-M. (Hrsg), Berlin: Hofenberg 2016.

Goldstein, E. B. / Cacciamani, L.: *Wahrnehmungspsychologie. Der Grundkurs*, 10. vollständig überarbeitete Auflage, Gegenfurtner, K. (Hrsg.), Heidelberg: Springer Nature, 2023.

Gregory, R.: *Auge und Gehirn. Psychologie des Sehens*, Hamburg: Rowohlt, 2001.

Grossenbacher, P. G. / Lovelace, C. T.: „Mechanisms of synesthesia: cognitive and physiological constraints“, in: *Trends in Cognitive Sciences* 5(1) (2001), S. 36–41,  
[https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01524-6](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01524-6)

Hargreaves, D.: „Musical development in the schoolchild; (Acquisition of tonality)“, in: *The Developmental Psychology of Music* 1987, S. 83–104.

Harrison, J.: *Wenn Töne Farben haben. Synästhesie in Wissenschaft und Kunst*, Spektrum 2007.

Havekamp, M.: „Auditiv-visuelle Verknüpfungen im Wahrnehmungssystem und die Eingrenzung synästhetischer Phänomene“, in: Jewanski, J. / Sidler, N. (Hrsg.) *Farbe – Licht – Musik: Synästhesie und Farblichtmusik*, Bern: Lang 2006, S. 32–73.

Helmholtz, H. v.: *Handbuch der physiologischen Optik*, Leipzig: Voss 1867.

Helmholtz, H. v.: *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, Braunschweig: Vieweg 1877.

Imai, M. / Kita, S. / Nagumo, M., / Okada, H.: „Sound symbolism facilitates early verb learning“, in: *Cognition* 109(1) (2008), S. 54–65, <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2008.07.015>.

Ione, A. / Tyler, Chr.: „Neurohistory and the Arts: Was Kandinsky a Synesthete?“, in: *Journal of the History of the Neurosciences* 12(2) (2003), S. 223–226.

Jewanski, J.: *Ist C = Rot? Eine Kultur- und Wissenschaftsgeschichte zum Problem der wechselseitigen Beziehung zwischen Ton und Farbe: von Aristoteles bis Goethe*, Sinzig: Studio, Verl. Schewe 1999, (Berliner Musik Studien Bd. 17).

Jewanski, J. / Day, S. A. / Ward, J.: „A Colorful Albino: The First Documented Case of Synaesthesia by Georg Tobias Ludwig Sachs in 1812“, in: *Journal of the History of the Neurosciences* 18 (2009), S. 293–303.

Jewanski, J.: „Synesthesia in the Nineteenth Century: Scientific Origins“, in: Simner, J. / Hubbard, E. M. (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Synesthesia*, Oxford University Press 2013, S. 369–398.

Jewanski, J./ Simner, J./ Day, S. A./ Ward, J.: The Beginning of Research on Synaesthesia in Children. Searching for Traces in the 19th Century and early 20th century, in: *Musik-, Tanz- & Kunsttherapie* 27(2) (2017), S. 129–136

Jewanski, J. / Sakhabiev, R/ Maksimova, A.: *Synästhesieforschung am ›Prometheus‹ in Kazan’, Russland Eine Bibliographie der 18 Kongressberichte 1967–2015*, 2019 Kassel University Press GmbH

Jewanski, J. / Simner, J. / Day, S. A. / Rothen, N. / Ward, J.: „Recognizing Synesthesia on the International Stage: The First Scientific Symposium on Synesthesia at The International Conference of Physiological Psychology Paris 1889“, in: *Journal of the History of the Neurosciences Basic and Clinical Perspectives*, 2020, S. 1–28.

Johnson, D. / Allison, C. / Baron-Cohen, S.: „The Prevalence of Synesthesia: The Consistency Revolution“, in: Simner, J. / Hubbard, E. M. (Hrsg.), *Oxford Handbook of Synesthesia*, Oxford University Press 2013, S. 3–26, <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199603329.013.0001>

Karwoski, T. F. / Odbert, H. S.: „Color-music“, in: *Psychological Monographs* 50 (1938), S. 1–60, <https://doi.org/10.1037/h0093458>.

Karwoski, T. F. / Odbert, H. S. / Osgood, C. E.: „Studies in synesthetic thinking. II. The role of form in visual responses to music.“, in: *Journal of General Psychology* 26 (1942), S. 199–222, <https://doi.org/10.1080/00221309.1942.10545166>.

Kircher, Athanasius: *Ars Magna Lucis Et Umbrae, In X. Libros digesta: Quibus Admirandae Lucis et Umbrae in mundo, atque adeò universa natura, vires effectusque uti nova, ita varia novorum reconditorumque speciminum exhibitione, ad varios mortalium usus, panduntur*, Amsterdam: Apud Joannem Janssonium à Waesberge, & Hæredes Elizæi Weyerstraet, 1671.

Kirschner, A. / Nikolic, D.: „One-Shot Synesthesia“, in: *Translational Neuroscience* 8 (2017), S. 167–175.

Krampen, G.: „Kognitive Entwicklung bei 3- bis 8-Jährigen. Konzentrationsleistung und Übergang vom vor-operatorischen zum konkret-operatorischen Denken“, in: *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* 40(2) (2008), S. 79–86.

Kraus, N. / Chandrasekaran, B.: „Music training for developmental auditory skills.“, in: *Nature Reviews Neuroscience* 11 (2010), S. 599–605, <https://doi.org/10.1038/nrn2882>.

Koscielny, S.: „Ohr I: Anatomie, Physiologie, Erkrankungen des äußeren Ohres, akute Otitis media“, Power Point Präsentation für die Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde am Universitätsklinikum Jena 2017, S. 1–84.

Köhler, W.: „Behavior“ in: *Gestalt Psychology: An Introduction*, New York: Liveright Publishing Corporation 1970 (first published 1947; renewed 1975 by Lili Köhler); r. 1992, S. 206–247.

Lartillot, N. / Tzanetakis, G.: „An Isolated Note Database for the Evaluation of Audio Segmentation Algorithms”, in: *Proceedings of the International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR)*, 2004, S.1–8.

Leeuwen, E. M. van / Wilson, L. / Norrman, H. N. / Dingemans, M. / Bölte, S. / Neufeld, J.: „Perceptual processing links autism and synesthesia: A co-twin control study”, in: *Cortex* 145 (2021), S. 236–249, <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2021.09.016>.

Lohaus, A. / Vierhaus, M.: „Grundbegriffe der Entwicklungspsychologie“, in: *Entwicklungspsychologie des Kindesalters für Bachelor*, 4. vollständig überarbeitete Auflage, Springer 2018, S. 2–9.

Maurer, D. / Pathman, Th. / Mondloch, C. J.: „The Shape of Boubas Sound-Shape Correspondences in Toddlers and Adults“, in: *Developmental Science* 9(3) (2006), S. 316–322.

Maurer, D. / Gibson, L. C. / Spector, F.: „Synesthesia in Infants and Very Young Children“, in: *The Oxford Handbook of Synesthesia*, New York: Oxford University Press 2013, S. 46–63.

Marks, L. E.: „On colored-hearing synesthesia: Cross-modal translations of sensory dimensions”, in: *Psychological Bulletin*, 82(3) (1975), S. 303–322, <https://doi.org/10.1037/0033-2909.82.3.303>.

Metatla, O. / Maggioni, E. / Cullen, C. / Obrist, M.: „‘Like Popcorn’: Crossmodal correspondences between scents, 3D shapes and emotions in children”, in: *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Glasgow, Scotland, UK, May 4–9 (2019), University of Sussex, S. 1–13, <https://hdl.handle.net/10779/uos.23467382.v1>.

McGurk / Mac Donald: „Hearing lips and seeing voices”, in: *Nature* 264 (1976), S. 746–748, <https://doi.org/10.1038/264746a0>.

Milner, A. D. / Goodale, M. A.: *The visual brain in action*, Oxford University Press, 1995 (2. Ed. 2006).

Miller, P. H.: *Theorien der Entwicklungspsychologie*, Heidelberg: Spektrum 1993.

Mondloch, C. J., & Maurer, D.: „Do small white balls squeak? Pitch–object correspondences in young children”, in: *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 4(2) (2004), S. 133–136, <https://doi.org/10.3758/CABN.4.2.133>.

Moog, H.: *Das Musikerleben des vorschulpflichtigen Kindes*, Mainz: B. Schott's Söhne, 1968, *Bausteine für Musikerziehung und Musikpflege*, Schriftenreihe B 17.

Morin, C. M / Drake C. L. / Harvey A. G. / Krystal A. D. / Manber, R. / Riemann D, Spiegelhalder K.: „Insomnia disorder.”, in: *Nature Review Disease Primers* Sep 3(1:15026) (2015), S. 1–18, <https://doi.org/10.1038/nrdp.2015.26>.

Moritz, W.: „The Dream of Color Music, And Machines That Made it Possible”, in: *Animation World Magazine* 2(1) (1997), verf. unter: <https://www.awn.com/animationworld/dream-color-music-and-machines-made-it-possible>) letzter Zugang am – 08.09.2024.

Morrongioello, B. A.; Trehub, S. E.; „Thorpe, L. A.: Children's perception of melodies: The role of contour, frequency, and rate of presentation”, in: *Journal of Experimental Child Psychology* 40 (1985), S. 279–292.

Murari, M/ Rodà A./ Canazza, S./ De Poli, G. / Da Pos O.: „Is Vivaldi smooth and takete? “, in: *Journal of New Music Research* 44(4) (2015), S. 359–372.

Nava, E. / Grassi, M. / Turati, C.: „Audio-visual, visuo-tactile and audio-tactile correspondences in preschoolers”, in: *Multisensory Research* 29 (2016), S. 93–111, <https://doi.org/10.1163/22134808-00002493>.

Newton, I.: *Opticks or a Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflexions and Colours of Light*, London: Smith & Walford, 1704.

Ovcharov, V. / Vankov, V.: „Nervensystem“; „Sinnesorgane“, in: *Anatomie des Menschen. Lehrbuch für Medizin und Zahnmedizin*, 13. Auflage, Arso 2016, S. 651–860; 864–911.

Palmer, C. F. / Jones, R. K. / Hennessy, B. L. / Unye, M. G. / Pick, A. D.: „How is a trumpet known? The "basic object level" concept and perception of musical instruments”, in: *American Journal of Psychology* 102(1) (1989), S. 17–37.

Parise, C. V. / Spence, Ch.: „When Birds of a Feather Flock Together: Synesthetic Correspondences Modulate Audiovisual Integration in Non-Synesthetes“, in: *PLoS ONE* 4(5) (2009), S. 1–7, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005664>.

Parise, C. V. / Spence, C.: „Audiovisual crossmodal correspondences and sound symbolism. A study using implicit association test“, in: *Experimental Brain Research* 220(3-4) (2012), S. 319–333.

Parise, C. V. / Knorre, K. / Ernst, M. O.: „Natural auditory scene statistics shapes human spatial hearing“, in: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, April 2014, S. 1–5.

Parise, C. V.: „Crossmodal Correspondences: Standing Issues and Experimental Guidelines“, in: *Multisensory Research*, 2015, S. 1–22.

Pick, A. D. / Palmer, C. F.: „Development of the perception of musical events“, in: Tighe, T. J. / Dowling, W. J. (Hrsg.), *Psychology and music: The understanding of melody and rhythm*, Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates 1993, S. 197–213.

Pick, A. D. / Gross, D. / Heinrichs, M. / Love, M. / Palmer, C. : „Development of perception of the unity of musical events“, in: *Cognitive Development*, 9 (3), July–September (1994), S. 355-375

Pinardi, M. / Di Stefano, N. / Di Pino, G. / Spence, Ch.: „Exploring crossmodal correspondences for future research in human movement augmentation“, in: *Frontiers in Psychology*, 2023, S. 1–8.

Ramachandran, V. S. / Hubbard, E. M.: „Psychological investigations into the neural basis of synesthesia“, in: *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* May 7, 268(1470) (2001), S. 979–983, doi: [10.1098/rspb.2001.1576](https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1576).

Ramachandran, V. S., / Hubbard, E. M.: „Synaesthesia — A Window Into Perception, Thought and Language“, in: *Journal of Consciousness Studies* 8(12) (2001), S. 3–34.

Ramsey, J. H.: „The Effects of Age, Singing Ability, and Instrumental Experiences on Pre-school Children's Melodic Perception”, in: *Journal of Research in Music Education* 31(2), (1983), S. 133–145.

Reimer, A.: *Neuronale Aktivitätsmuster und die Einflüsse der Anästhetika Isofluran, Distickstoffmonoxid und Ketamin auf lokale Feldpotentiale im auditorischen Kortex der Brown Norway Ratte*, Dissertation, Hamburg-Eppendorf 2010.

Rensing, L. / Rippe, V.: „Die Sinnesorgane“, in: *Altern*, Berlin / Heidelberg: Springer Spektrum 2014, S. 251–261, [https://doi.org/10.1007/978-3-642-37733-4\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-642-37733-4_13).

Roth, Fr.: *Untersuchung der Beziehungen von Einzeltönen zu Gefühlen und Farben*, Dissertation, Universität Wien 1951.

Savada, D. / Hillis, D. M. / Heller, H. Cr. / Hacker, S. D.: „Das Nervensystem von Säugern: Struktur und höhere Funktionen”, in: *Purves Biologie* (2019), S. 1416–1419.

Saravanan, A. / Murphy, B.: „Jean Piaget and His Studies on Cognitive Development and Contributions to the Field of Psychology“, in: *Journal of Student Research*, High School Edition 12(3) (2023), S. 1–5.

Shams, L. / Kamitani, Y. / Shimojo, S.: „Modulations of visual perception by sound”, in: Calvert, G. / Spence, C. / Stein, B. E. (Hrsg.), *The Handbook of Multisensory Processes*, Cambridge, Mass: MIT Press 2004, S. 27–33.

Schätzle, W. / Koch, A.: „Ohr“, in: Remmele, W. / Peiffer, J. / Schröder, J. M. (Hrsg.), *Pathologie*, Berlin / Heidelberg: Springer 1995, S. 573–605.

Schellberg, G.: *Zur Entwicklung der Klangfarbenwahrnehmung von Vorschulkindern*, Behne, Kl.-E. / Gembris, R. (Hrsg.), LIT 1998.

Schindler, P. : „Über den farbigen Ausdruck von Gefühlen”, Dissertation, Universität Wien 1949

Simner, J. / Carmichael, D. A.: „Is synaesthesia a dominantly female trait?“, in: *Cognitive Neuroscience*, 6(2-3) (2015), S. 68–76 <https://doi.org/10.1080/17588928.2015.1019441>.

Schlemmer / Hemming: „Musik und veränderte Bewusstseinszustände“, in: Lehmann, A. C. / Kopiez, R. (Hrsg.), *Handbuch der Musikpsychologie*, Göttingen: Hogrefe 2018, S. 589–615.

Schneider, W. / Lindenberger, U.: *Entwicklungspsychologie*, Weinheim / Basel: Beltz 2012.

Shuter, R.: *Part II: The Development of Musical Ability. The Earliest Years*, in: *The Psychology of Musical Ability*, London: Methuen & Co LTD 1968, S. 75–77.

Silvestrini, N. / Fischer, E. P.: *Farbsysteme in Kunst und Wissenschaft*, Köln: DuMont Literatur und Kunst 2002.

Simpson, R. H. / Quinn, M. / Ausubel, D. P.: „Synesthesia in children: Association of colors with pure tone frequencies“, in: *The Journal of Genetic Psychology* 89 (1956), S. 95–103.

Smith, L. B. / Sera, M. D.: „A developmental analysis of the polar structure of dimensions“, in: *Cognitive Psychology* 24(1) (1992), S. 99–142, [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90004-1](https://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90004-1).

Spence, Ch. / Pavani, F. / Driver, J.: „Spatial constraints on visual–tactile cross-modal distractor congruency effects“, in: *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience* 4(2) (2004), S. 148–169.

Spence, C.: Attention: cross-modal, in: *Encyclopedia of Perception*, Goldstein, B. (Hrsg), Los Angeles: Sage Publications 2010, S. 78–81.

Spence, Ch.: „Crossmodal correspondences: A tutorial review“, in: *Attention, Perception, & Psychophysics* 73, 2011, S. 971–995, <https://doi.org/10.3758/s13414-010-0073-7>.

Spence, C. / Parise, C. V.: „The Cognitive Neuroscience of Crossmodal Correspondences“, in: *I-Perception*, Vol. 3(7) (2012), S. 410–412.

Spence, Ch.: „Gastrophysics: The Lens of psychological and sensory, research“, in: *Nutrition* 55–56 Supplement, October 2018, S. 8–10.

Spence, Ch. / Di Stefano, N.: „Coloured hearing, colour music, colour organs, and the search for perceptually meaningful correspondences between colour and sound“, in: *I-Perception* 3 (2022), S. 1–42.

Sternberg, R. J.: *Cognitive Psychology*, 5. Edition, Belmont: Wadsworth, Cengage Learning 2009.

Stumpf, C.: *Tonpsychologie*, Bd. 2, Cambridge University Press 1890.

Trehub, S. E. / Unyk, A. M. / Trainor, L. J.: „Maternal Singing in Cross-Cultural Perspective“, in: *Infant Behavior and Development* 16 (1993), S. 285–295.

Upitis, R.: „Children's understanding of rhythm: The relationship between development and music training“, in: *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain* 11(1) (1987), S. 41–60.

Wagner, R.: „Persönliche Gestimmtheit und Musikhören“, in: Meier, H. / Müller, M. (Hrsg.), *Studien zur Psychologie und Therapie in der Musikpädagogik*, Band 3, Frankfurt/Bern: Lang, 1988

Walker, P. / Bremner, J. G. / Mason, U. / Spring, J. / Mattock, K. / Slater, A. / Johnson, S. P.: „Preverbal infants' sensitivity to synaesthetic cross-modality correspondences“, in: *Psychological Science* 21(1) (2010), S. 21–25, <https://doi.org/10.1177/0956797609354734>.

Walker, P. / Bremner, J. G. / Lunghi, M. / Dolscheid, S. / Barba, B. D. / Simion, F.: „Newborns are sensitive to the correspondence between auditory pitch and visuospatial elevation“, in: *Wiley Developmental Science* 2018, S. 1–8, <https://doi.org/10.1002/dev.21603>.

Ward, J.; Simner, J.: Is synaesthesia an Xlinked dominant trait with lethality in males? In: *Perception* 34(5) (2005), S. 611–623, <https://doi.org/10.1068/p5250>.

Ward, J./ Huckstep, B./ Tsakanikos, E.: „Sound-Colour Synesthesia. To What Extent Does It Use Cross-Modal Mechanisms Common to Us All?“ in: *Cortex* 42 (2006), S. 264–280.

Watson, Q. J. / Gunther, K. L.: „Trombones Elicit Bitter More Strongly Than Do Clarinets: a Partial Replication of Three Studies of Crisinel and Spence“, in: *Multisensory Research* 30 (2017), S. 321–335.

Welch, R. B. / Warren, D. H.: „Intersensory interactions“, in: Boff, K. R. / Kaufman, L. / Thomas, J. P. (Hrsg.), *Handbook of Perception and Human Performance*, Band 2, New York: Wiley 1986, S. 629–679.

Wesselein, A.-K. / Frings, C.: „Crossmodale Aufmerksamkeit“, in: M. A. Wirtz (Hrsg.), *Dorsch Lexikon der Psychologie*, 19. überarbeitete Auflage, Freiburg: Hogrefe, 2020, S. 222–223

Witthoft, N.; Winawer, J.; Eagleman, D. M.: „Prevalence of Learned Grapheme-Color Pairings in a Large Online Sample of Synesthetes“, in: *PLoS ONE* (2015), S. 1–10, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118996>.

Young, L. P.: *An Investigation of Young Children's Music Concept Development using Non-verbal and Manipulative Techniques*, Dissertation, Ohio State University 1982.

Zenatti, A.: „Children's musical cognition and taste“, in: Tighe, T. J. / Dowling, W. J. (Hrsg.), *Psychology and Music. The Understanding of Melody and Rhythm*, Hillsdale / N.J.: Erlbaum 1993, S. 177–196.

### **Online-Quellen:**

Feynman, R.: „What Do You Care What Other People Think?“, New York, 1988, verf. unter: [https://scilib-physics.narod.ru/Feynman/WDYC/en/What\\_Do\\_You\\_Care.html#herman](https://scilib-physics.narod.ru/Feynman/WDYC/en/What_Do_You_Care.html#herman) – letzter Zugriff am: 06.09.2024

<http://www.daysyn.com/Definition.html> – letzter Zugriff am 08.03.2024.

[https://colorsystem.com/?page\\_id=683](https://colorsystem.com/?page_id=683) – letzter Zugriff am 30.05.2024

[https://de.wikipedia.org/wiki/Farbkreis#cite\\_note-9](https://de.wikipedia.org/wiki/Farbkreis#cite_note-9) – letzter Zugriff am 30.05.2024

<https://galton.org/essays/1880-1889/galton-1881-jaigi-visualised-numerals.pdf> – letzter Zugriff am 09.03.2024.

<https://profiles.sussex.ac.uk/p90856-julia-simner> – letzter Zugriff am 06.03.2024.

<https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/de/projects/success-stories/all/app-basierter-test-zur-erkennung-von-synaesthesie-bei-kindern> – letzter Zugriff am 06.03.2024.

<https://psychedelics.berkeley.edu/substance/lsd/> – letzter Zugriff am 08.09.2024

<https://synnie-info.de/musiker-und-wie-sie-ihre-synaesthesie-nutzen/> – letzter Zugriff am 08.03.2024.

<https://www.onesmallseed.com/2012/01/feature-preview-neuromagic-the-harmony-of-synesthesia-2/> – letzter Zugriff am 08.03.2024.

<https://www.singkinderlieder.de/video/das-ist-gerade-das-ist-schief> – letzter Zugriff am 09.09.2024

<https://www.singkinderlieder.de/video/gruen-gruen-gruen-sind-alle-meine-kleider> – letzter Zugriff am 09.09.2024

<https://www.wienerzeitung.at/h/tante-anna-schmeckt-nach-buchteln> – letzter Zugriff am 08.03.2024.

[https://www.youtube.com/watch?v=2y6zdAbN9o8&t=1165s&ab\\_channel=WhiteNoise-Topic](https://www.youtube.com/watch?v=2y6zdAbN9o8&t=1165s&ab_channel=WhiteNoise-Topic) – letzter Zugriff am 31.08.2024

## 8. Anhang

## 8.1. Abstract

In der vorliegenden Masterarbeit stehen die Crossmodal Correspondences (CMC) von Klang und Farbe bzw. Helligkeitsempfinden bei 4-6-j. Kindern im Vordergrund. Es wird der Fragestellung nachgegangen, ob Kinder in dieser Altersgruppe solche Assoziationen von zwei (oder mehreren) ursprünglich nicht miteinander verknüpften Objekten, Parametern oder Phänomene herstellen können. Die untersuchten CMC werden im Kontext der kindlichen Wahrnehmungsentwicklung betrachtet und von der Synästhesie bei Kindern unterschieden.

Der Ausgangspunkt dieser Masterarbeit bildet die Auseinandersetzung mit dem Wahrnehmungsprozess an sich und mit der neuronalen Verarbeitung von distalen Umgebungsreizen in den einzelnen Gehirnarealen, welche in weiterer Folge zum Thema multisensorischer Wahrnehmung im musikalischen Kontext führt. Nach einer umfangreichen Literaturrecherche wird auch ein kleines Pilot-Experiment durchgeführt, welches die Forschungsrelevanz des Themas bestätigt und den hohen Stellenwert der musikalischen Erziehung und Bildung allgemein und mithilfe von Übungen im CMC-Kontext unterstreicht. Diese abschließende Pilotstudie legt nach den Hörentscheidungen von 10 VersuchsteilnehmerInnen nahe, dass einzelne Audioeigenschaften wie *Spectral Flux*, *Spectral Decrease* und *Amplituden im Bereich zwischen 150 und 800 Hz* einen Einfluss auf die frühkindliche Helligkeitseinschätzung ausüben.

### **Abstract**

This master's thesis focuses on the cross-modal correspondences (CMC) of sound and colour or brightness perception in 4-6-year-old children. These associations of two originally unrelated objects, parameters or phenomena are considered in the context of children's perceptual development and differentiated from synaesthesia in children.

The starting point is the examination of the perceptual process itself and the neuronal processing of distal environmental stimuli in the individual areas of the brain, which subsequently leads to the topic of multisensory perception in a musical context. After an extensive literature review, a small pilot experiment is also carried out, which confirms the research relevance of the topic and emphasizes the great importance of musical education and training in general and with the help of exercises in the CMC context. Based on the listening decisions of

10 test participants, this final pilot study suggests that individual audio characteristics such as *spectral flux*, *spectral decrease* and *amplitudes in the range between 150 and 800 Hz* exert an influence on early childhood brightness judgement.

## 8.2. Spielerisches Ton-Farb-Experiment für Kinder (4-6-J.)

Liebe Erziehungsberechtigte,

Im Rahmen meiner Masterarbeit möchte ich einige spielerische Aufgaben zur Ton-Farb-Wahrnehmung durchführen und benötige dafür Ihre Unterstützung! Es ist mir wichtig den Ablauf meines Vorhabens transparent zu gestalten und teile mit Ihnen seine Kurzbeschreibung.

### Beschreibung des Experiments

Im Alltag als professionelle Musikerin und Pädagogin bin ich oft mit farblichen Beschreibungen einzelner Töne und Phrasen konfrontiert (s. g. *Crossmodal Correspondences* wie z. B. „die Trompete klingt hell und der Kontrabass dunkel“ wenn z. B. Tonhöhe und Helligkeit in Beziehung gesetzt werden). Deshalb wäre es mir ein Anliegen zu untersuchen, wie Kinder auf ein Tonwahrnehmungsexperiment reagieren, inwieweit Analogiebildungen im diesem Bereich schon vorhanden sind und ob sie dort ähnlich ausgeprägt sind wie bei Erwachsenen.

Während des Experiments bekommen die Versuchspersonen im Alter von 4-6 J. einzelne Töne vorgespielt und werden animiert diese zuerst als dunkel oder hell zu bezeichnen. Später sollen diesen Tönen einzelne Farben zugeordnet werden bzw. es werden die Töne miteinander verglichen. Alle spielerische Aufgaben werden im EMP-Unterricht durchgeführt und mit seinen Lerninhalten in Verbindung gebracht, haben somit einen musikalischen Wert und erfordern keinen zusätzlichen Aufwand Ihrerseits.

Die Teilnahme beruht auf dem Prinzip der Freiwilligkeit. An dieser Stelle soll hervorgehoben werden, dass es keine Hausaufgaben gibt und dass **keine** Vorbereitung **notwendig** bzw. **erwünscht** ist. Das Experiment findet innerhalb von 4 Wochen ab dem 30.11.23 statt und soll planmäßig bis zum 21.12.23 abgeschlossen worden sein. Eine spielerische Wiederholung und Kontrolle findet nach mehreren Wochen (im Sommersemester) statt. Alle gesammelten und ausgewerteten Daten werden in meiner Masterarbeit, welche am Institut für Musikwissenschaft an der Universität Wien vorgelegt wird, nachzulesen sein.

Bei weiteren Fragen stehe ich gerne unter Tel. [REDACTED] oder unter E-Mail: [h\[REDACTED\]@gmail.com](mailto:h[REDACTED]@gmail.com) zur Verfügung.

Ich freue mich auf die gemeinsame Arbeit mit den Kindern:

Hristina Lazarova B.A.

### 8.3. Einverständniserklärung zur Veröffentlichung von Foto- und Videoaufnahmen im Rahmen des Experiments zur Ton-Farb-Wahrnehmung bei Kindern im Alter von 4-6 Jahren

Experiment zur Ton-Farb-Wahrnehmung: 30.11.23 – 21.12.2023

Leiterin: Hristina Lazarova B.A:

[h\[REDACTED\]@gmail.com](mailto:h[REDACTED]@gmail.com) (nachfolgend Leiterin genannt)

Name und Anschrift des/der Erziehungsberechtig-

ten:.....  
.....

Hiermit willige ich ein, dass die im Rahmen des oben angeführten Experiments, welches im EMP-Unterricht stattfindet, hergestellten Foto- und Videoaufnahmen von ..... geboren am..... elektronisch gespeichert, ausgewertet und für die Masterarbeit der Leiterin (vorgelegt am Institut für Musikwissenschaft der Universität Wien) verwendet werden. Alle Daten werden nach besten Wissen und Gewissen anonymisiert und unzugänglich für unbefugte Dritte aufbewahrt. Es werden Initialen, das Geschlecht und das Alter des Kindes im Experiment verwendet, keine anderen persönlichen Daten. Ich als Erziehungsberechtigte/r bekomme Zugang zu den im Unterricht erstellten Fotos und Videos des oben genannten Kindes. In allen Veröffentlichungen werden die Gesichter der Kinder verschwommen dargestellt, so dass keine der abgebildeten Personen erkennbar ist.

Ort, Datum:

Unterschrift:

## 8.4. Notenmaterial als Vorbereitung aufs Pilot-Experiment

### Das ist gerade, das ist schief

Text: Traditionell | Melodie: Traditionell

Musical score for the song "Das ist gerade, das ist schief". The score is written in G major, 4/4 time, and consists of two staves. The first staff contains the first two lines of music, and the second staff contains the last two lines. Chords are indicated above the notes. The lyrics are written below the notes.

F Dm C F Dm Am C7 F  
Das ist gera - de, das ist schief. Das ist hoch und das ist tief.

Am B Gm Am Dm Gm C F  
Das ist dun - kel, das ist hell. Das ist lang - sam, das ist schnell.

Noten verf. unter: [https://www.singkinderlieder.de/video/das-ist-gerade-das-ist-schief-letzter Zugriff am 09.09.24.](https://www.singkinderlieder.de/video/das-ist-gerade-das-ist-schief-letzter-Zugriff%20am%2009.09.24.)

### Grün, grün, grün sind alle meine Kleider

Text: Traditionell | Melodie: Traditionell

Musical score for the song "Grün, grün, grün sind alle meine Kleider". The score is written in G major, 2/4 time, and consists of four staves. Chords are indicated above the notes. The lyrics are written below the notes.

F Gm C F  
Grün, grün, grün sind al - le mei - ne Klei - der,

Gm C F  
grün, grün, grün ist al - les, was ich hab'.

F D7 Gm C F  
Da - rum\_\_\_ lieb' ich al - les, was so grün ist,

Dm Gm C F  
weil mein Schatz ein Jä - ger\_\_\_ ist.

Noten verf. unter: [https://www.singkinderlieder.de/video/gruen-gruen-gruen-sind-alle-meine-kleider-letzter Zugriff am 09.09.24.](https://www.singkinderlieder.de/video/gruen-gruen-gruen-sind-alle-meine-kleider-letzter-Zugriff%20am%2009.09.24.)

## 8.5. Grobe Experimentplanung

### 1. Stunde am 30.11.23

Das Stundenbild der ersten Experimenteinheit ist in der unteren Tabelle ersichtlich:

Programmpunkt	Ablauf	Ev. Anmerkung
Begrüßung	Alle treffen in der Gruppe aufeinander, setzen sich im Kreis hin, wärmen den Körper und die Stimme mit dem Begrüßungslied auf und haben Zeit zum Ankommen.	<b>Gruppenaufgabe</b>
Einstimmung aufs Experiment	Das Lied „Das ist g´rade, das ist schief“ wird im Stehkreis gesungen und mit Gesten begleitet;	Ein allgemeines Mitmachen wird erwartet.
	Das Thema „Gegensätze“ wird erläutert und mit Gesten und dem Körper im Raum dargestellt;	
	Das Gegensatzpaar „hell-dunkel“ wird zuerst mit Zu- und Aufdecken der eigenen Augen geübt und bekommt dann auch zwei Bilder in Schwarz-Weiß (möglichst neutral) von einer Sonne und einem Mond;	
	Die Kinder werden animiert zu beschreiben, wie es draußen aussieht, wenn die Sonne oder der Mond da ist, wann ist es hell, wann ist es dunkel;	
	Das Thema wird auf die Töne übertragen – Die Kinder bekommen die Information, dass manche Töne hell oder dunkel sein könnten. Das wird die erste Aufgabe sein, die man für sich alleine machen darf;	
	Jedes Kind nimmt einen Sessel und positioniert ihn mit Hilfe der Lehrerin so, dass genug Abstand zwischen den einzelnen Sesseln gegeben ist (kein Abschreiben), so dass alle Kinder so gut wie möglich für sich alleine sein können. Auf den	

	<p>Sessel werden hingelegt: das Sonne-Mond-Bild sowie einen kleinen Stein. Nachdem der Ton erklingt, soll man den Stein auf eines der Symbole legen. Jeder Ton erklingt 2-3 Mal. Es kommen bis zu 4-5 Tönen in einer Sequenz nacheinander.</p> <p>Davor und danach wird noch kurz eine Bewegung ausgeführt, die vom (weißen) Rauschen begleitet wird. Wenn die Musik aufhört, soll jeder schnell auf seinen Platz zurückgehen;</p>	
Experiment-Bewegungsspiel-Sequenz	die Töne werden einzeln für 2 Sekunden vorgespielt und bis zu drei Mal wiederholt; währenddessen werden die Kinder beobachtet, die Ergebnisse in eine Tabelle eingetragen und eventuelle Anmerkungen (emotionale Reaktionen z. B. Staunen/Lachen oder andere Laute bzw. körperliche Bewegungen oder vielleicht auch ein „Ausbessern“ beim erneuten Hören) werden gemacht.	<b>Einzelaufgabe;</b> Bilder und Videos werden gemacht, um die Auswertung zu erleichtern; Ein „Zuschauen“ ist auch erlaubt; Es besteht kein Zwang zur Teilnahme;
Feedbackrunde	Bemerkungen so genau wie möglich aufschreiben und den Kindern zuordnen	<b>Gruppenaufgabe</b>
Übergang zu den anderen Lerninhalten	Das Winterthema wird musikalisch thematisiert	<b>Gruppenaufgaben/ Einzelaufgaben</b>
Abschlussritual	Abschlusslied	<b>Gruppenaufgabe</b>

Dieser Ablauf dient als Grundlage des ersten einführenden Experiments und zur groben Orientierung im Rahmen der EMP-Stunde. Die Reaktionen der Kinder und ihre spontanen Ideen oder Anmerkungen werden so genau wie möglich protokolliert und beim nächsten Experiment berücksichtigt.

## 2. Stunde am 07.12.23

Das zweite Experiment kann folgend gestaltet werden:

<b>Programmpunkt</b>	<b>Ablauf</b>	<b>Ev. Anmerkung</b>
Begrüßung	Alle treffen in der Gruppe aufeinander, setzen sich im Kreis hin, wärmen den Körper und die Stimme mit dem Begrüßungslied auf und haben Zeit zum Ankommen;	<b>Gruppenaufgabe</b>
Einstimmung aufs Experiment	Das Lied „Das ist g´rade, das ist schief“ wird im Stehkreis gesungen und mit Gesten begleitet und das Thema „Gegensätze“ wird kurz wiederholt;	<b>Gruppenaufgabe</b>
	Das Gegensatzpaar „hell-dunkel“ wird zuerst mit Zu- und Aufdecken der eigenen Augen in Erinnerung gerufen und in Verbindung mit dem Experiment von der vorigen Woche gebracht;	
	Das Bild von der Sonne und dem Mond wird wieder ausgeteilt, die Sessel positioniert und es werden zwei Übe-Durchgänge gemacht, wie in der letzten Stunde. Davor und danach wird noch kurz eine Bewegung ausgeführt, die vom (weißen) Rauschen begleitet wird. Wenn die Musik aufhört, soll jeder schnell auf seinen Platz;	
Experiment-Bewegungsspiel-Sequenz	Die Töne werden nun mit sechs den Kindern vertrauten Farben in Verbindung gebracht. Es stehen zur Auswahl: weiß, schwarz, grün, rot, gelb und blau;	<b>Gruppenaufgaben/ Einzelaufgaben</b>
	Falls die „richtige“ Farbe fehlen sollte, darf man das Blatt umdrehen und selber benennen. Die genaue Beschreibung wird aufgeschrieben;	Genauere Beobachtung des Verhaltens
	Falls diese Aufgabe zu schwer sein sollte, wird das Experiment vereinfacht;	

	Falls notwendig sogar auf die <i>hell-dunkel</i> -Variante reduziert;	Offenheit für spontane Anpassung der Aufgaben
	Nach jeder Aufgaben-Sequenz kommt wieder das Bewegungsspiel zum weißen Rauschen;	<b>Gruppenaufgabe</b>
Feedbackrunde	Wie bei der vorigen Einheit;	<b>Gruppenaufgabe</b>
Übergang	Die anderen Unterrichtsthemen werden berücksichtigt;	<b>Gruppenaufgaben/ Einzelaufgaben</b>
Abschlussritual	Das Abschlusslied wird gemeinsam gesungen;	<b>Gruppenaufgabe</b>

### 3. Stunde am 14.12.23

Nach der zweiten Stunde sollten die Kinder schon mit dem Ablauf des Versuchs vertraut sein und sich gut orientieren können. Das folgende Stundenbild kann in Wirklichkeit abweichen, je nachdem wie das vorige Experiment verlaufen ist und ob kleine oder größere Veränderungen notwendig sind. Im Idealfall könnte die dritte Stunde folgend verlaufen:

<b>Programmpunkt</b>	<b>Ablauf</b>	<b>Ev. Anmerkung</b>
Begrüßung	Mit dem Begrüßungslied treffen alle in der Gruppe aufeinander, setzen sich im Kreis hin, wärmen den Körper und die Stimme auf und haben Zeit zum Ankommen;	<b>Gruppenaufgabe</b>
Einstimmung aufs Experiment	Es folgt eine kurze Besprechung von den zwei Aufgaben, die bis jetzt gemacht wurden; Die Gegensätze werden kurz als Thema behandelt;	<b>Gruppenaufgabe</b>
	„Grün, grün, grün sind alle meine Kleider“ wird mit Zeigen auf die Farben und die Protagonisten dazu gesungen;	
	Der Unterschied zwischen hellen und dunklen Farben wird thematisiert;	
	Die Farbabstufungen der bekannten sechs Farben werden gezeigt; jedes Kind probiert mit einem	<b>Gruppenaufgaben/ Einzelaufgaben</b>

	Bleistift von hell zu dunkel so viele Abstufungen der jeweiligen Farbe wie möglich zu zeichnen;	
Experiment- Bewegungsspiel- Sequenz	Bei dieser Übung werden die Töne einzeln für zwei Sekunden vorgespielt und bis zu drei Mal wiederholt; Beide bis jetzt einzeln geübte Aufgaben werden miteinander kombiniert. Die Kinder dürfen zuerst die Sonne oder den Mond „wählen“, dann das Blatt mit den bekannten sechs Farb-Quadraten aufdecken und das Bild und den Stein auf die passende Farbe legen. So können beide „Parameter“ bei jedem Ton berücksichtigt werden;	<b>Einzelaufgabe</b> Diese Aufgabe erfordert mehr Zeit und Konzentration, es ist möglich, dass sie für manche Kinder etwas anspruchsvoll ist.
	Zuerst wird der Ablauf gemeinsam im Kreis besprochen und ausgeführt, dann darf jedes Kind zum Platz und übt diesen „trocken“ (ohne Hörbeispiel);	<b>Gruppenaufgaben/ Einzelaufgaben</b>
	Erst danach wird die Sequenz von einigen Tonbeispielen und ihren Wiederholungen abwechselnd mit den Bewegungsspielen im Ablauf „durchgespielt“;	
	Alle Daten werden wieder in eine Tabelle eingetragen;	
Feedbackrunde	Wie bis jetzt wird die Meinung der Kinder protokolliert und ausgewertet;	<b>Gruppenaufgabe</b>
Übergang	Falls es Zeit gibt, werden andere Unterrichtsthemen bearbeitet;	<b>Gruppenaufgaben/ Einzelaufgaben</b>
Abschlussritual	Das Abschlusslied beendet die Stunde;	<b>Gruppenaufgabe</b>

#### 4. Stunde am 21.12.23

Die letzte Stunde des Experiments hat einerseits die Aufgabe die für die Analyse notwendigen Daten zu erheben, aber auch den Kindern einen schönen und unterhaltsamen Abschluss des Themas anzubieten. Dadurch, dass die Einheit in der letzten Stunde vor Weihnachten stattfinden

soll, soll auch dieses Thema berücksichtigt und kleine „Geschenke“ am Ende der Stunde verteilt werden. Eventuell kann eine kleine „Weihnachtsfeier“ angeschlossen werden, bei der einzelne Momente vom Experiment den Eltern gezeigt werden und es gemeinsam zum Abschluss musiziert wird. Die Durchführung des Experiments kann von der Grobplanung wie schon weiter oben erwähnt aus mehreren Gründen abweichen, vorläufig sieht der Ablauf folgend aus:

<b>Programmpunkt</b>	<b>Ablauf</b>	<b>Ev. Anmerkung</b>
Begrüßung	Mit dem Begrüßungslied treffen alle in der Gruppe aufeinander, setzen sich im Kreis hin, wärmen den Körper und die Stimme auf und haben Zeit zum Ankommen;	<b>Gruppenaufgabe</b>
Einstimmung aufs Experiment	Erneut gibt es eine kurze Besprechung der Aufgaben, die bis jetzt gemacht wurden;	<b>Gruppenaufgabe</b>
	Es folgt eine kurze Wiederholung einzelner Strophen beider Lieder – „Das ist g´rade, das ist schief“ und „Grün, grün, grün sind alle meine Kleider“;	
	Der Fokus liegt auf dem Farbvergleich bzw. auf dem Klang-Vergleich; Genauso wie man zwei Farben oder zwei Gegenstände vergleichen kann, kann man auch zwei Töne vergleichen;	Falls diese Aufgabe zu komplex ist, wird sie ausgelassen oder vereinfacht;
Experiment-Bewegungsspiel-Sequenz	Der Vergleich zweier Töne wird zuerst gemeinsam geübt und dann von jedem Kind einzeln am Platz ausgeführt, wobei Hilfe jederzeit seitens der Lehrerin zur Verfügung steht;	<b>Gruppenaufgaben/ Einzelaufgaben</b>
	Zwei Töne werden aufeinander folgend vorgespielt. Zuerst dürfen die Kinder entscheiden, ob beide Töne gleich klingen oder nicht;	Ähnliche Aufgaben sind nicht immer für alle Kinder einfach zu meistern!
	Darauffolgend sollen den Tönen Farben zugeordnet werden;	<b>Gruppenaufgaben/ Einzelaufgaben</b>

	Danach kommt das Bewegungsspiel und die Sequenz wird wiederholt;	
Feedbackrunde	Öffentliche Besprechung des Experiments mit den Eltern;	<b>Gruppenaufgaben</b>
Übergang	Weihnachtsfeier mit den Eltern;	
Abschlussritual	Geschenke werden ausgeteilt und das Abschlusslied wird gesungen;	

## 8.6. Audio-Features-Analyse von den Messpunkten 2-4

Audiofeatures korrelieren mit		
dunkel_gesamt	r	p
spectral_energy_150_800Hz	0.78	0.01
mfcc8	0.71	0.02
mfcc10	0.68	0.03
spectral_contrast_200_400Hz	0.65	0.04
spectral_decrease	-0.65	0.04
mfcc12	-0.73	0.02
hell_gesamt	-0.85	0

Audiofeatures korrelieren mit		
hell_gesamt	r	p
spectralFluxMean	0.84	0
spectral_decrease	0.74	0.02
mfcc12	0.72	0.02
rmsTerzband16_1000_Hz	0.66	0.04
rmsOktavband4_250_Hz	-0.67	0.03
rmsTerzband10_250_Hz	-0.68	0.03
mfcc10	-0.68	0.03
harmonicPercussiveRatio	-0.68	0.03
spectral_energy_150_800Hz	-0.93	< ,001

Audiofeatures korrelieren mit		
dunkel_M_2-M-4	r	p
mfcc8	0.734	0.02
rmsGammatone4	0.684	0.03
rmsTerzband15_800_Hz	0.644	0.04
mfcc10	0.636	0.05
hell_M2-4	-0.73	0.02
mfcc12	-0.76	0.01

Audiofeatures korrelieren mit		
hell_M_2-M-4	r	p
spectralFluxMean	0.798	0.01
mfcc12	0.792	0.01
spectral_decrease	0.754	0.01
envelopeKurtosis	0.678	0.03
fluctuationVacilZwicker	0.655	0.04
mfcc8	-0.67	0.04
mfcc10	-0.68	0.03
spectral_energy_150_800Hz	-0.85	0

Korrelationen der audio-features via JASP von Messzeitpunkten 2-4.

Audiofeatures korrelieren mit		
dunkel_M_3	r	p
mfcc8	0.8	0.01
mfcc9	0.78	0.01
mfcc10	0.76	0.01
spectral_contrast_200_400Hz	0.73	0.02
timbral_warmth	0.68	0.03
formant3	-0.65	0.04

Audiofeatures korrelieren mit		
hell_M_3	r	p
spectralEntropy	0.81	0.01
timbral_hardness	0.8	0.01
rmsTerzband16_1000_Hz	0.76	0.01
spectralFluxMean	0.76	0.01
timbral_roughness	0.73	0.02
unpleasantness	0.73	0.02
rmsGammatone6	0.71	0.02
spectralFluxOver1000	0.71	0.02
timbral_brightness	0.71	0.02
spectralFlatness	0.69	0.03
rmsTerzband19_2000_Hz	0.69	0.03
timbral_sharpness	0.68	0.03
sharpnessAcumDIN45692	0.67	0.03
rmsTerzband20_2500_Hz	0.67	0.03
khz2to4Energy	0.67	0.03
spectralSpreadMS	0.66	0.04
pitch_salience	0.64	0.05
spectralSkewnessMS	-0.64	0.05
rmsGammatone2	-0.64	0.05
rmsOktavband4_250_Hz	-0.65	0.04
rmsTerzband10_250_Hz	-0.66	0.04
spectral_energy_150_800Hz	-0.67	0.04
mfcc5	-0.69	0.03
mfcc8	-0.7	0.02
timbral_warmth	-0.73	0.02
mfcc10	-0.78	0.01

Korrelationen der audio-features via JASP von Messzeitpunkt 3.

Audiofeatures korrelieren mit		
dunkel_M_4	r	p
rmsOktavband10_16000_Hz	0.801	0.01
rmsGammatone10	0.8	0.01
rmsTerzband27_12500_Hz	0.797	0.01
rmsTerzband28_16000_Hz	0.797	0.01
rmsTerzband26_10000_Hz	0.794	0.01
roughnessVassilakisMean	0.794	0.01
rmsGammatone9	0.791	0.01
spectral_energy_4000_20000H	0.791	0.01
spectral_spread	0.785	0.01
rmsTerzband25_8000_Hz	0.783	0.01
spectralRolloff	0.782	0.01
rmsOktavband9_8000_Hz	0.78	0.01
rmsTerzband24_6300_Hz	0.774	0.01
spectralCentroid	0.773	0.01
spectral_bandwidth	0.764	0.01
rmsGammatone8	0.757	0.01
rmsTerzband23_5000_Hz	0.752	0.01
spectral_centroid_harmonic	0.748	0.01
rmsTerzband29_20000_Hz	0.739	0.02
hardness	0.7	0.02
spectralSpreadMS	0.7	0.02
roughnessAsperZwicker	0.699	0.03
inharmonicicity	0.655	0.04
spectralFlatness	0.634	0.05
tonalEnergy	-0.66	0.04
hell_M1	-0.99	<,001

Audiofeatures korrelieren mit		
hell_M_4	r	p
tonalEnergy	0.65	0.04
rmsTerzband22_4000_Hz	-0.64	0.05
inharmonicicity	-0.65	0.04
roughnessAsperZwicker	-0.69	0.03
spectralSpreadMS	-0.71	0.02
rmsTerzband29_20000_Hz	-0.72	0.02
hardness	-0.74	0.01
rmsTerzband23_5000_Hz	-0.75	0.01
rmsGammatone8	-0.76	0.01
rmsTerzband24_6300_Hz	-0.77	0.01
spectral_centroid_harmonic	-0.77	0.01
rmsOktavband9_8000_Hz	-0.78	0.01
rmsTerzband25_8000_Hz	-0.78	0.01
spectral_bandwidth	-0.79	0.01
rmsTerzband26_10000_Hz	-0.79	0.01
rmsTerzband28_16000_Hz	-0.79	0.01
rmsTerzband27_12500_Hz	-0.79	0.01
rmsGammatone9	-0.79	0.01
spectralCentroid	-0.79	0.01
rmsOktavband10_16000_Hz	-0.8	0.01
roughnessVassilakisMean	-0.8	0.01
rmsGammatone10	-0.8	0.01
spectralRolloff	-0.8	0.01
spectral_energy_4000_20000H	-0.8	0.01
spectral_spread	-0.81	0.01

Audiofeatures korrelieren mit		
dunkel_M_5	r	p
hell	-0.94	<,001
rmsTerzband29_20000_Hz	0.64	0.05
spectral_energy_150_800Hz	0.77	0.01

Audiofeatures korrelieren mit		
hell_M_5	r	p

Korrelationen der audio-features via JASP von Messzeitpunkt 4 und 5.