

**Projektarbeit**

**„Synästhesie in der Akustik“**

durchgeführt von

**Maurice Müller**

**0330190**

für das Studium

**Elektrotechnik-Toningenieur**

**Technische Universität Graz**

**Begutachter:**

**Dipl. Ing. Maria Fellner**

**Institut für Breitbandkommunikation**

**Technische Universität Graz**

**Graz, im Dezember 2008**

**Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.**

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "Müller", is centered on the page. The signature is written in black ink on a light-colored background.

**Graz, September 2008**

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort/Einleitung:	Seite 4
1. Das Phänomen Synästhesie	Seite 5
1.1 Etymologie und Begriffsdefinition	Seite 5
1.2 Geschichte der Synästhesieforschung	Seite 12
2. Beispiele aus der Geschichte	Seite 17
2.1 Berühmte Synästhetiker	Seite 31
3. Kopplung auditiver und visueller Wahrnehmung	Seite 27
3.1 Spezielle Phänomene: Genuine Synästhesie	Seite 38
3.2 Photismen, Phosphene, Formkonstanten	Seite 38
3.3 Synopsie	Seite 41
3.4 Allgemeine Phänomene: Intermodale Analogie	Seite 41
3.5 Konkrete Assoziation (ikonische Verknüpfung)	Seite 46
3.6. Symbol und Metapher	Seite 46
3.7 Bewusste Verknüpfung nach mathematischen oder physikalischen Analogien	Seite 47
3.8 Parallelverarbeitung	Seite 48
3.9 Intermodale Integration	Seite 49
3.10 Wahrnehmung einer komplexen Umgebung	Seite 52
3.11 Verknüpfungsstrategien	Seite 53
4. Anwendungen in der Akustik	Seite 56
4.1. Optimale Visualisierung von Schallmessungen	Seite 56
4.2 Geräuschbeschreibung und -beurteilung in Hörversuchen	Seite 64
4.3. Audiovisuelle Sprachsynthese und –erkennung	Seite 71
4.4. Synästhetisches Design und Geräuschdesign	Seite 73
4.5. Synästhetische Sound-Synthese	Seite 76

5. Synästhesie im Marketing	Seite 81
5.1. Audio Branding	Seite 87
5.2. Fallbeispiele	Seite 90
Schlusswort/Kritik	Seite 92
Literatur- und Abbildungsverzeichnis	Seite 93

## **Abstract**

Das Phänomen Synästhesie ist sowohl in Kunst, Musik und Literatur zu finden als auch bei Menschen im Alltagsleben zu konstatieren. Es handelt sich dabei um „*ausgeprägte, geometrische und farbige Erlebnisse*“ im Zusammenhang mit musikalischen oder meditativen Erlebnissen („Farbenhören“). Die Untersuchung des Phänomens der Synästhesie führt zu einem Verständnis der multisensuellen Wahrnehmung, die man als eine Parallelverarbeitung von unterschiedlichen Verknüpfungsebenen darstellen kann wie sie Dr. Ing. Michael Haverkamp in seinen Publikationen vorstellt. Diese Projektarbeit beschreibt das Phänomen Synästhesie und die abgeleiteten Erkenntnisse für Anwendungen insbesondere für die Akustik.

## Vorwort/Einleitung

Das Phänomen Synästhesie ist aus der Musik, Kunst und Literatur bekannt. Besonders in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts hatte die Synästhesie starken Einfluss auf die Kunstszene: so nimmt man an, dass Kandinsky ausgesprochen stark synästhetisch veranlagt war, Charles Baudelaire in seinen Gedichten die Entsprechung von Tönen, Gerüchen und Farben bewusst eingesetzt hat, Nicolai Rimski-Korsakow der Auffassung war, dass die Note F grün sei und Olivier Messiaen Tonkomplexe als visuelle Eindrücke empfand ([...] „sanfte Kaskaden von blau-orangefarbenen Akkorden“)<sup>1</sup>. Wird in der Öffentlichkeit von Synästhesie gesprochen, fühlen sich jedoch auch Menschen betroffen, die plötzlich auf ihre eigenen synästhetischen Eigenschaften aufmerksam werden und die beim Anhören von Musik, in Meditationen oder Ausnahmesituationen des Lebens „ausgeprägte, geometrische und farbige Erlebnisse“<sup>2</sup> haben. Solche Personen wurden vom renommierten Synästhesieforscher und Neuropsychologen Richard E. Cytowic jedoch in seinen Studien vom Synästhesiebegriff ausgenommen, da sie nicht seiner Definition des Begriffes Synästhesie entsprachen. Klaus-Ernst Behne spricht in diesem Kontext von „Synästhesie sensu Cytowic“<sup>3</sup>. Nach den Erfahrungen von Emrich ist die Unterscheidung zwischen den genuinen und den als „metaphorisch“ bezeichneten Synästhetikern jedoch gar nicht so einfach. Anfang der 90er Jahre wurde die Synästhesie durch funktionelle Bildgebung objektiv nachgewiesen („gemessen“) und auch endlich von der Wissenschaft anerkannt.<sup>4</sup>

*„Dabei zeigte sich immer deutlicher, dass es sich bei der Synästhesie keinesfalls um irgendeine Art von ‚Einbildung‘ handelt, sondern um einen ‚wissenschaftlichen Glücksfall‘, der es erlaubt, durch dieses Phänomen mehr über grundlegende Prozesse der Informationsverarbeitung im Gehirn einzelner Personen und damit über das Bewusstsein zu erfahren.“<sup>5</sup>*

Persönlich wurde mir durch meine Literaturrecherche für diese Toningenieur-Projektarbeit deutlich, wie wichtig die Erforschung der Synästhesiewahrnehmung ist, denn betrachtet man die Synästhesie in einem weiteren Sinne (nicht nur die Synästhesie sensu Cytowic bzw. „genuine Synästhesie“, unterste Ebene der Veknüpungshierarchie nach Haverkamp) so findet man heraus, wie und auf welchen Ebenen Menschen Assoziationen bilden und wie die multisensorielle Wahrnehmung und Beurteilung funktionieren könnte.

*„Wenn man also den Mechanismus der synästhetischen Wahrnehmung verstehen würde, könnte man möglicherweise auch den Mechanismus der intermodalen Integration erklären“<sup>6</sup>*

Ein Verständnis der Kopplung visueller und auditiver Attribute auf allen Verknüpfungsebenen (nach Haverkamp) ist für die Akustik und ihr Teilgebiet der „Psychoakustik“ (Optimale Visualisierung, Darstellung von Schallmessungen,

---

1 Emrich/Schneider/Zedler (2004), S.16

2 Ebd.

3 Behne (1995) zit. n. Daurer (2006), S.15

4 Vgl. Emrich/Schneider/Zedler (2004), S.46

5 Ebd., S.17

6 Ebd., S.36

Verbalisierung und Beurteilung von Schallereignissen bei psychoakustischen Hörversuchen) sowie für das Produktdesign (Geräuschdesign, synästhetisches Design) und Marketing (Corporate Sound) von großer Bedeutung. So muss man wissen, dass eine Schallwahrnehmung von anderen Sinneswahrnehmungen beeinflusst werden kann.<sup>7</sup> Bei Hörversuchen muss man sich in Zukunft fragen, ob auch andere Sinnesbereiche einbezogen werden müssen. So schreibt Haverkamp:

*„Die bei akustisch angeregter visueller Synästhesie beobachteten Formen geben Aufschluss über die für eine elementare Verknüpfung auditiver und visueller Wahrnehmung bedeutenden Formen. Aus der darüber verfügbaren Literatur kann daher abgeleitet werden, dass die Grundmuster im Design von besonderer Bedeutung sind, auch in den Hörversuchen zur Verknüpfung beider Sinnesgebiete sinnvoll integriert werden können.“<sup>8</sup>*

Schlussendlich soll ein Gesamtverständnis über die Kopplung der einzelnen Sinnesmodalitäten erlangt werden, damit dieses gezielt im modernen Produktdesign in der Art eines „synästhetischen Designs“ eingesetzt werden kann. Eine systematische Methodik der Abstimmung visueller und auditiver Attribute bei der Entwicklung industrieller Produkte wurde bislang noch nicht erarbeitet, jedoch ist die Bedeutung der multisensuellen Wirkung eines Produktes auf den Kunden (z. B. am PoS) schon länger bekannt und dieses Wissen wird auch gezielt im Marketing angewendet (siehe Kapitel 5).

Im ersten Kapitel meiner Arbeit erkläre ich den Begriff Synästhesie, gehe auf die Geschichte der Erforschung der Synästhesie und des synästhetischen Vorgangs im Gehirn ein.

Im zweiten Kapitel präsentiere ich Beispiele von Synästhetikern sowie Beispiele von Verknüpfungen auditiver und visueller Wahrnehmung aus Kunst und Musikgeschichte. Mögliche Notationen oder Transformationen von Schall in Farbe/Form in der Kunst sind Versuche, einen allgemeinen „Translationsalgorithmus“ zu finden (optimale Visualisierung von Schall, Kapitel 4).

Im dritten Kapitel widme ich mich der Kopplung der auditiven und visuellen Wahrnehmung, den Assoziationsebenen von Cytowic, der Verknüpfungshierarchie von Michael Haverkamp und der Wahrnehmung einer komplexen Umgebung.

Im vierten Kapitel beschreibe ich Anwendungen der Synästhesie in der Akustik.

Im fünften Kapitel beschreibe ich einige aktuelle Studien im Marketingbereich über die multisensuelle Wahrnehmung des Konsumenten, die meiner Meinung nach die Forderung von Haverkamp nach einem synästhetischen Design mit Berücksichtigung aller Sinne bestätigen. Synästhetisches Design spielt allerdings nicht nur bei der Produktgestaltung eine wichtige Rolle, sondern auch bei der Realisierung einer multisensuellen Corporate Identity des Unternehmens bei dem die „Acoustic Corporate Identity“ durch das Audio Branding (Prozess) von dieser abgeleitet werden muss.

---

<sup>7</sup> Haverkamp (2007)

<sup>8</sup> Haverkamp (2005), S.9

# 1. Das Phänomen Synästhesie

## 1.1 Etymologie und Begriffsdefinition

Der Begriff Synästhesie stammt vom altgriechischen Begriff συναίσθησις „zugleich wahrnehmen“; syn = zusammen, aisthesis = Empfindung.<sup>9</sup>

*„Unter Synästhesie versteht man, dass eine Sinnesqualität, z. B. das Hören eines Wortes, einer Zahl, eines Tones, noch auf eine andere Sinnesqualität, wie das Sehen einer Farbe, quasi überspringt bzw. in diesem anderen Sinn noch einmal, d.h. doppelt dargestellt ist.“<sup>10</sup>*

Dem betroffenen Synästhetiker werden je nach Veranlagung die synästhetischen Phänomene entweder in die Außenwelt (z. B. „vor den Kopf“) („associators“) oder auch ins Kopffinnere (auf einen „inneren Monitor im Kopf“) („projectors“), projiziert.<sup>11</sup> Die häufigste Art der Synästhesie ist das so genannte „farbige Hören“, Farbenhören, „Audition colorée“ oder auch „coloured hearing“ genannt, bei der Geräusche, Musik, Stimmen, ausgesprochene Buchstaben und Zahlen zur Wahrnehmung bewegter Farben und Formen führen, die je nach Veranlagung auf dem genannten inneren Monitor, der keine räumliche Begrenzung aufweist, als „vorbeilaufende farbige Strukturen, Kugeln oder langgestreckte vorüberziehende dreidimensionale Gebilde mit charakteristischen Oberflächen, beispielsweise samtigen, glitzernden oder auch gläsernen oder metallischen Flächen“ erscheinen, wie in Abb.1 und 2 anhand von Beispielen dargestellt.<sup>12</sup> Das Farbenhören wird auch als Synopsie bezeichnet, die durch auditive Reize ausgelösten Gestalt- und Farbwahrnehmungen Photismen (Phosphene) genannt. Auf diesem Bild von von Hugo Meier-Thur (1927) sehen wir oben eine „raue Autohupe“, unten ein „kleines Motorrad.“

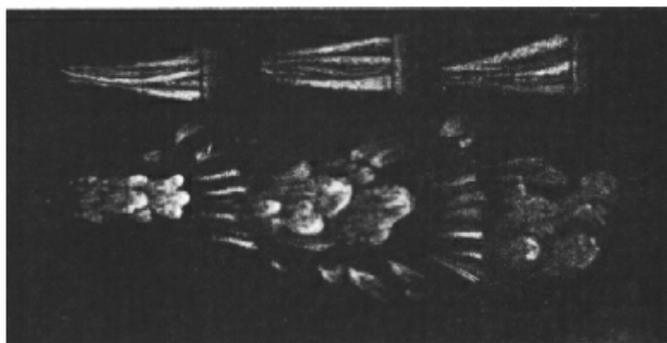


Abbildung 1: Synästhetische Formwahrnehmung, nach Bildern von Hugo Meier-Thur 1927, Quelle: Anschütz (1927) A, Anschütz (1927) B, zit. n. Haverkamp (2005), S.7.

<sup>9</sup> Cytowic (1995), S.12

<sup>10</sup> Emrich/Schneider/Zedler (2004), S.34

<sup>11</sup> Ebd. S.11; Dixon (2004), zit. n. Dermietzel (2005), S.11

<sup>12</sup> Emrich/Schneider/Zedler (2004), S.11

In Abbildung 2 wird links das Geräusch eines „leise fahrenden“ Autos, in der Mitte: das Motorengeräusch eines Fischkutters und rechts: Weckerrasseln dargestellt:

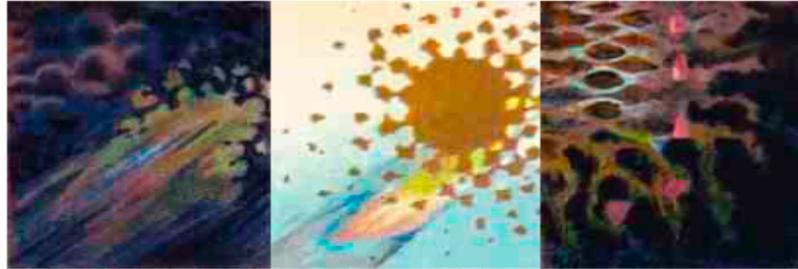


Abbildung 2: Synästhetische Formwahrnehmung nach Bildern von Heinrich Heine (1927).

Weitere Kombinationen von Synästhesie wären z. B.: Geschmack-Formwahrnehmung, Hören-Tastwahrnehmung, Geschmacks-Geruchswahrnehmung und Ton-Farbe-Wahrnehmung. Cytowic hat zehn mögliche Paarungen kombiniert und schematisch dargestellt (siehe Abb 3). Es sind jedoch auch alle nicht in Abbildung 3 gezeigten Verbindungen möglich, werden aber je nach Veranlagung seltener.<sup>13</sup> Für die meisten Betroffenen ist die Synästhesie unidirektional, d. h., dass ein Buchstabe eine Farbe hervorruft, dieser Prozess aber nicht automatisch umgekehrt funktioniert.<sup>14</sup>

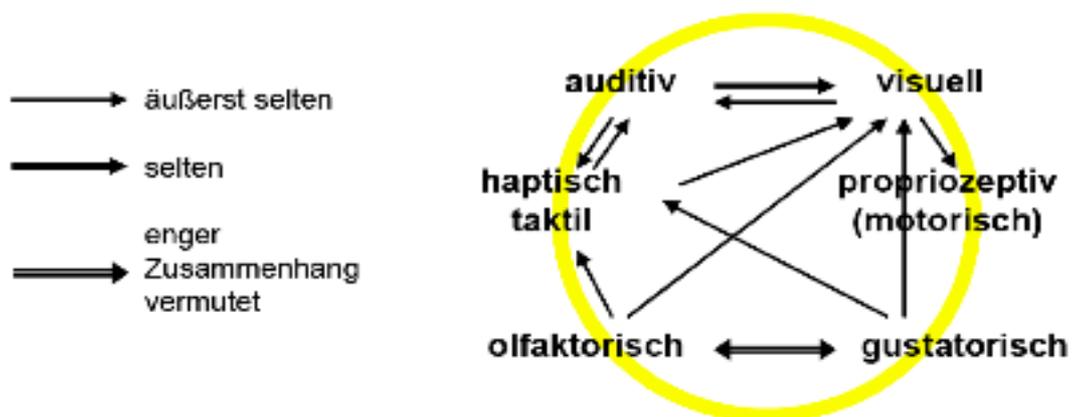


Abbildung 3: „Zwangsmäßige“ Zuordnungen der Sinnesgebiete nach Cytowic.

Quelle: Haverkamp (2005) S. 4.

Einen besonders spektakulären Fall von Synästhesie beschrieb Cytowic, er bezeichnete ihn als „Audiomotor“: Ein Junge positionierte seinen Körper

<sup>13</sup> Haverkamp (2005), S.4

<sup>14</sup> Vgl. Emrich/Schneider/Zedler (2004), S.13

entsprechend verbaler Reize (Worte im Englischen und Worte ohne Sinngehalt):

*„Both English and nonsense sounds had certain physical movements, the boy claimed, which he could demonstrate by striking various poses. By way of convincing himself of this sound-to-movement association, the physician who described it planned to re-test the boy later on without warning. When the doctor read the same word list aloud ten years later, the boy assumed, without hesitation, the identical postures of a decade later“ (Cytowic).*

Die Definition des Begriffes „Synästhesie“ wurde in der Vergangenheit oft umfassender verstanden als „Vermischung der Sinne“ für alle möglichen Formen des Mitempfindens. Dies führte in der Geschichte der Synästhesieforschung durch den oft missverständlich eingesetzten Begriff im Alltag zu Begriffsverwirrungen, denen Haverkamp durch sein Modell der Verknüpfungsebenen entgegenwirken wollte. So schreibt Jewanski (1999): *„Diese Unmöglichkeit führt dazu, dass jegliche Verknüpfung von akustischen und optischen Elementen unter Synästhesie rubriziert wird. Damit wird der Terminus jedoch aufgeweicht und verhüllt mehr, als dass er erklärt.“<sup>15</sup>*

Die von Cytowic angegebene Definition des Begriffes Synästhesie gilt in der Forschung heute als „Standard“ und wird auch als „Synästhesie sensu Cytowic“ bezeichnet:

*„Synesthesia is the involuntary physical experience of a cross-modal association. That is the stimulation of one sensory modality reliably causes a perception in one or more different senses.“<sup>16</sup>* Weiters schrieb er:

*„Central to my initial approach in 1980 was a sharp demarcation of synesthesia as a sensual perception as distinct from a mental object like cross-modal associations in non-synaesthetes, metaphoric language, or even artistic aspirations to sensory fusion“<sup>17</sup>*

Diese Erscheinungen müssen nach dieser Definition unwillentlich auftreten, sind nicht beeinflussbar und relativ dauerhaft konstant über eine Lebensspanne. Emrich unterscheidet in diesem Kontext die „genuinen Form“ der Synästhesie von der metaphorischen. Bei der genuinen Synästhesie ist der auslösende Reiz (Induktor-Stimulus) mit der mitlaufenden Wahrnehmung gekoppelt und beide treten simultan auf. Diese Wahrnehmungen treten bei Synästhetikern sehr unterschiedlich auf, man sagt, die inter-individuelle Übereinstimmung ist gering. Die intra-individuelle Übereinstimmung bei den einzelnen Personen ist jedoch sehr stark festgelegt und sehr beständig. So werden die Wahrnehmungen lebenslang immer wieder identisch reproduziert, sei es unmittelbar oder durch Erinnerung. Emrich hat als Beispiel eine Studie genannt, in der verglichen worden ist, wie dauerhaft die Farbwahrnehmungen von Synästhetikern im Vergleich zu Nicht-Synästhetikern sind:

*„Dabei mussten die Versuchspersonen bestimmten Buchstaben und Wörtern Farben zuordnen. Nach einer Woche konnten nur noch 38 % der Nicht-Synästhetiker sagen, welche Farbe sie bei den Buchstaben/Wörtern ursprünglich genannt hatten, während*

---

<sup>15</sup> Jewanski (1999) S.94, zit. n. Daurer (2006), S.15

<sup>16</sup> Cytowic (1995) S.17

<sup>17</sup> Cytowic (1995) S. 15

*dies 92 % der Synästhetiker noch nach einem Jahr konnten.*“<sup>18</sup>

Grossenbacher et al. (2001) unterscheidet die genuine Synästhesie von der erworbenen Synästhesie durch folgende Merkmale:

*„Entstehung: Von der Mehrzahl der Synästhetiker wird das Phänomen erstmals in der Kindheit/Jugend bemerkt („seit ich denken kann“<sup>19</sup>).*“

*Automatismus: Die synästhetischen Verknüpfungen werden unabhängig vom Willen des Betroffenen hervorgerufen.*

*Einzigartigkeit: Synästhetische Verknüpfungen sind durch sehr spezifische sinnliche Eigenschaften gekennzeichnet.*

*Alter: Synästhesie kommt bei Kindern häufiger vor als bei Erwachsenen.*

*Geschlecht: Unter Synästhetikern sind Frauen häufiger vertreten als Männer.*

*Vererbung: Synästhesie tritt unter Verwandten gehäuft auf.*“<sup>20</sup>

Das bereits genannte Farbenhören („coloured hearing“) ist ein typischer Vertreter dieser Synästhesieart, aber auch das vorhin beschriebene Phänomen „Audiomotor“ wäre ein Beispiel dafür. Die genuine Synästhesie ist von den „erworbenen Synästhesien“ zu unterscheiden, da sie „angeboren“ ist und unwillkürlich durch einen identifizierten Reiz ausgelöst wird. Als „erworbene Synästhesien“ bezeichnet Emrich solche Synästhesiewahrnehmungen, die durch Einnahme von psychoaktiven Drogen, insbesondere Lysergsäurediethylamid (LSD) und Meskalin, aber auch durch verschiedene körperliche und neurologischen Erkrankungen wie multiple Sklerose, Retinitis pigmentosa, Arteriitis temporalis<sup>21</sup> hervorgerufen werden. Die genannten Drogen sind Psychedelika (Halluzinogene), die psychotische Zustände hervorrufen, hingegen werden als Ursachen der durch Krankheiten hervorgerufenen Synästhesiephänomene eine sensorische Deafferenzierung angenommen (eine Unterbrechung der Nervenverbindungen von den Sinnesorganen zum Gehirn).<sup>22</sup>

Eine andere noch nicht lange anerkannte Art ist die „metaphorische Synästhesie“ (auch „Gefühlssynästhesie“ genannt). Diese wird nicht zwingend durch einen Reiz ausgelöst, sondern stellt eher eine Analogie dar, die die Probanden willkürlich hervorrufen können oder die meist im Zusammenhang mit bestimmten Gefühlszuständen wie Aufregung, Ärger, Trauer („bildhaften, geometrischen farbigen Erlebnissen“) auftauchen. Die Betroffenen wurden deshalb aus den Synästhesieuntersuchungen von Richard Cytowic herausgenommen. Allerdings meint Emrich, dass nach seinen Erfahrungen die Unterscheidung von genuinen und metaphorischen Synästhetikern nicht einfach ist.<sup>23</sup> Außerdem können beide Formen auch gleichzeitig auftauchen oder sich auch gegenseitig beeinflussen, so dass „genuine Synästhesie“ Gefühle auslöst und umgekehrt.<sup>24</sup> Zuletzt unterscheidet Emrich

---

<sup>18</sup> Baron-Cohen et al. (1993), zit. n. Emrich/Schneider/Zedler (2004), S.14

<sup>19</sup> Emrich/Schneider/Zedler (2004), S.49

<sup>20</sup> Emrich/Schneider/Zedler (2004), S.34

<sup>21</sup> Armel und Ramachadran (1999), Jacobs et al. (1981), zit. n. Emrich/Schneider/Zedler (2004), S.44

<sup>22</sup> Vgl. Emrich/Schneider/Zedler (2004), S.44

<sup>23</sup> Ebd.

<sup>24</sup> 40 % einer statistischen Auswertung von Sean A. Day haben „multiple

noch ein weiteres Phänomen, das er als „assoziative Pseudosynästhesie“ bezeichnet, bei dem man davon ausgeht, dass die Betroffenen in der Kindheit gelernt haben, Buchstaben mit Farben zu verknüpfen (aktiver Lernprozess) und ihnen somit synästhetische Wahrnehmungen ermöglicht werden.

Was die Häufigkeit der synästhetischen Wahrnehmung in der Bevölkerung angeht, so wird diese in der Literatur unterschiedlich eingeschätzt: der englische Psychologe Simon Baron-Cohen geht nach Untersuchungen von einer Häufigkeit von 1:2000 aus, Cytowic von einer geringeren Häufigkeit von 1:2000 bis 1:25000.<sup>25</sup> Emrich schätzt die Häufigkeit der genuinen Synästhesie auf 1:500 und 1:1000.<sup>26</sup> Das Verhältnis von Frauen zu Männern ist 8:1.<sup>27</sup> Aktuelle Studien mit sehr vielen Probanden gehen von einer durchschnittlichen Häufigkeit von einem Synästhetiker mit zumindest einem Synästhesie-Subtyp unter 30 Nichtsynästhetikern aus.<sup>28</sup> Die Gründe für die großen Differenzen, so glaubt Emrich, sind vielschichtiger Natur: einerseits war die Definition von Synästhesie und damit die Kriterien während der Geschichte der Synästhesieforschung nicht eindeutig (siehe „metaphorische Synästhesie“), andererseits liegen einige Jahre zwischen den Untersuchungen.

Es gibt noch andere Unterscheidungen der Synästhesie, die in der Literatur ebenfalls oft angeführt werden und die deshalb erwähnenswert sind. Wellek (1954) unterscheidet zwischen „echten Synästhesien“ (d. h. eidetische<sup>29</sup>, empfindungsmäßige) und „unechten Synästhesien“ (blasse, vorstellungshafte):

„echte Synästhesien“:

1. Doppel-Empfindung (Empfindung und Empfindung): es handelt es sich um einen (äußeren) Reiz, der zwei verschiedene sinnliche Empfindungen auslöst (z. B. Trompetenklang wird rot gehört).
2. Folge-Vorstellung (Empfindung und Vorstellung): aus einem Reiz resultiert mit zugehöriger Empfindung eine anderssinnliche Vorstellung (z. B. stellt man sich die Farbe Rot zum Klang der Trompete nur vor).

„unechte Synästhesien“:

3. Folge-Empfindung (Vorstellung und Empfindung): Umkehrung von Pt. 2; eine Vorstellung ruft eine anderssinnliche Empfindung hervor (z. B. jemand „denkt“ an einen Trompetenklang und empfindet dabei rot).
4. Doppel-Vorstellung (Vorstellung und Vorstellung): eine Vorstellung ruft eine anderssinnliche Vorstellung hervor (z. B. jemand stellt sich Trompetenklänge und gleichzeitig die Farbe Rot dazu vor).<sup>30</sup>

Die Einteilung nach Wellek gilt für Verbindungen von einzelnen Sinnesreizen (Tönen

---

Synaesthesias“ (Cytowic [2004] S.17; Sean A. Day, [2001]).

<sup>25</sup> Baron-Cohen et al. (1996), Cytowic, (1989, 2002a, b)

<sup>26</sup> Vgl. Emrich/Schneider/Zedler (2004), S.14

<sup>27</sup> Söffing (2005), zit. n. Dermietzel (2005), S.13

<sup>28</sup> Mulvenna (2005), S.400, zit. n. Dermietzel (2005), S.13

<sup>29</sup> Eidetische Bilder gehören zu den halluzinationsähnlichen Phänomenen und werden meist als wahrnehmungsähnliche Bilder von sinnhafter Deutlichkeit gesehen oder gehört.

<sup>30</sup> Wellek (1954), zit. n. Flecker (1997), S.9f.

mit Einzelfarben), jedoch ist sie für Verbindungen von ganzen Musikstücken und komplexen Bildern eher „problematisch“. Anschütz (1927) hat für Assoziationen von Elementen und komplexen „Gestalten“ folgende Einteilung von Synästhesien erstellt (nach Wellek 1954):

1. Ton-Farbe: statische (analytische) Synopsie
2. Musik-Farbe: einfache (analytisch-synthetische) Synopsie
3. Ton-Bild: komplexe (synthetische) Synopsie
4. Musik-Bild: dynamische (synthetische) Synopsie.<sup>31</sup>

Unter „Analytische Synopsie“ versteht man, dass ein einzelnes visuelles Attribut (Farbe oder Form) von einem einzelnen Attribut einer anderen Modalität (sound pitch oder timbre) induziert wird. Hingegen enthält die „Komplexe Synopsie“ eine Summe von Attributen: z. B. zu einem Musikstück wird ein ganzes komplexes Gemälde mit Farben, Formen, Bewegung, Zeitvariabilität, Raumeigenschaften und anderen Attributen verknüpft.<sup>32</sup>

## 1.2 Geschichte der Synästhesieforschung

Der Begriff „Synästhesie“ ist in der Medizin seit mehr als 300 Jahren verbreitet. Wellek schreibt, dass der englische Philosoph und Augenarzt John Thomas Woolhouse 1710 zum ersten Mal über dieses Thema in Bezug auf die Farbeindrücke eines blinden Patienten, die durch Töne hervorgerufen werden, berichtete.<sup>33</sup> Bereits 1690 hat jedoch der englische Philosoph John Locke in einem Aufsatz „Essay concerning human understanding“ (Aufsatz über den menschlichen Verstand) über einen Blinden geschrieben, der die Farbe Purpur mit dem Klang einer Trompete vergleicht. 1735 berichtete Bertrand Castel von der Beobachtung eines Blinden mit Farbwahrnehmung bei Tastreizen. Anschütz benennt die Beschreibungen der Photismen<sup>34</sup> bei Zahlen, Buchstaben, Intervallen und Tönen von Musikinstrumenten durch den Arzt L. Sachs von 1812 als ersten wissenschaftlichen Beleg der Synästhesie.<sup>35</sup> Cytowic gibt Goethes 1810 erschienenes Werk „Zur Farbenlehre“ an, in der Goethe Korrespondenzen zwischen Farben und anderen Sinneswahrnehmungen erörterte.<sup>36</sup> Die ersten Versuche zu einer verständlichen Analyse des Phänomens Synästhesie wurden Anfang des 19. Jh. von Bleuler und Lehmann (1881), Théodore Flouroy (1893) und Suarez de Mendoza (1890) („audition colorée“) gemacht. Bleuler und Lehmann benutzten den Terminus „zwangmäßige Lichtempfindungen“ zur Beschreibung von Photismen und Phonismen<sup>37</sup>. Flouroy definierte „Synopsie“ als visuelle synästhetische Wahrnehmung. Anschütz nahm 1927 die schon oben

---

<sup>31</sup> Ebd., S.10

<sup>32</sup> Vgl. Haverkamp (2003), S.4f.

<sup>33</sup> Vgl. Wellek (1930), S. 328f.

<sup>34</sup> Als Photismen werden durch Schallempfindungen hervorgerufene Farbeindrücke bezeichnet (vgl. Bleuler/Lehmann (1881), Zwangsmäßige Lichtempfindungen durch Schall und verwandte Erscheinungen).

<sup>35</sup> Anschütz (1953), S.221 zit. n. Dermietzel (2005) S. 15

<sup>36</sup> Cytowic (1995) S.68

<sup>37</sup> Phonismen sind durch Licht hervorgerufene Schallempfindungen (vgl. Bleuler/Lehmann [1881]).

beschriebene Einteilung von Synästhesie vor.<sup>38</sup> Annelies Argelander publizierte 1927 ihr Werk „Das Farbenhören und der synästhetische Faktor der Wahrnehmung“ und widmete besondere Aufmerksamkeit dem Farbenhören. Am Anfang des 20. Jahrhunderts gewann dann der Behaviorismus immer mehr an Bedeutung, der die unter objektiven Kriterien nicht zu verifizierende Synästhesie als „psychologischen Trick“<sup>39</sup> oder Einbildung abstempelte. Ab 1931 wurde in Deutschland der Boom der Synästhesieforschung durch die Nationalsozialisten beendet. Nach Emrich ist jedoch kein Fall bekannt, dass Synästhesiker im Dritten Reich als geistig Behinderte verfolgt wurden.<sup>40</sup> Erst in den 1980er Jahren wurde die Synästhesieforschung wieder entdeckt. Vorreiter war der amerikanische Neuropsychologe Richard E. Cytowic, der zunächst jedoch skeptisch betrachtet wurde.<sup>41</sup> Erst Anfang der 90er Jahre konnte objektiv durch die Verfahren der funktionellen Bildgebung nachgewiesen werden, dass „man bewusst etwas sehen (halluzinieren) kann, ohne dass die primäre Sehrinde aktiv ist.“<sup>42</sup> „Endlich wurde die Synästhesie in der Wissenschaft ernst genommen.“<sup>43</sup> Die Abteilung Klinische Psychiatrie und Psychotherapie der Medizinischen Hochschule Hannover bildete 1996 eine Arbeitsgruppe von Wissenschaftlern, die auch ein „Synästhesie-Café“ eingerichtet haben. Sie steht heute mit rund 150 Synästhetikern in Kontakt und arbeitet mit der Universität Magdeburg und dem Max-Planck-Institut für Hirnforschung Frankfurt/Main zusammen.<sup>44</sup> In den vergangenen Jahren ist es den Neurowissenschaftler gelungen durch die „Funktionelle Bildgebung“ die Aktivität der Nervenzellen aufzuzeichnen, z. B. wenn ein Proband ein akustisches Signal wahrnimmt. Eine funktionelle Kernspintomographie (fMRT)-Untersuchung von Emrich in Kooperation mit dem Institut für Neurobiologie der Universität Magdeburg (Prof. Dr. Henning Scheich, siehe unten Abb. 4) gibt Auskunft über die Aktivierung beteiligter Hirnregionen bei akustischer Reizgebung. Im Unterschied zu nuklearmedizinischen Methoden wie die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) oder der Single-Photon-Emission-Computed-Tomography (SPECT) kommt die fMRT-Methode ohne Einsatz radioaktiver Strahlen aus. Erhöhen die Nervenzellen im Gehirn ihre Aktivität, so erweitern sich die Blutgefäße und es fließt mehr sauerstoffhaltiges Blut in die betreffende Region. Sauerstoffhaltiges Blut hat eine andere magnetische Eigenschaft als sauerstoffarmes, dies führt zu einem Signalanstieg (BOLD-Effekt, Blood-Oxygenation-Level-Dependent Effect). Beim Vergleich der Ruhebedingung mit der akustischen Stimulation (Worte) sieht man eine deutlich höhere Aktivierung bei den Synästhetikern, wobei die Bedeutung der negativen Werte derzeit noch unklar ist.<sup>45</sup> Folgende Abbildung zeigt die *„durchschnittliche Gesamtaktivierung (positive Werte) der rechten und linken Hirnhälfte, untersucht in fünf ausgewählten Schnittebenen mit funktioneller Kernspintomographie:“*

---

38 Vgl. Haverkamp (2003, engl.), S.1ff.

39 Cytowic (1995) S.74f

40 Vgl. Dermietzel (2005), S.16f.

41 Vgl. Cytowic (1995), S.10

42 Zeki (1993), zit. n. Dermietzel (2005)

43 Emrich/Schneider/Zedler (2004), S.46

44 Ebd., S.17f.

45 Ebd. S.47

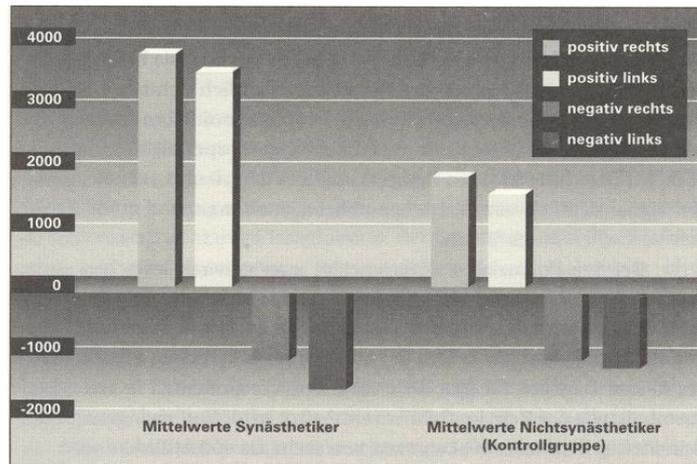


Abbildung 4: Durchschnittliche Gesamtaktivierung der Hirnhälften (Quelle: Emrich/Schneider/Zedler [2004], S. 47).

Bei der genannten Untersuchung wurden bei Dunkelheit (keine visuellen Reize von außen) Versuchspersonen akustische Reize dargeboten. Die Mittelwerte der Messungen von mehreren Synästhetikern sind mit den Mittelwerten der Messungen von Nichtsynästhetikern verglichen worden: es war vermehrte Aktivität im auditorischen als auch im visuellen Cortex zu beobachten. Diese Aktivität ist als rot gefärbter Bereich in Abb. 6 ersichtlich. Dabei wurde festgestellt, dass das Hörzentrum des Gehirns nach einem auditorischen Reiz bei Nicht-Synästhetikern weniger aktiv ist als bei Synästhetikern. Emrich liefert für dieses Phänomen folgenden Erklärungsversuch:

*„Die Kopplung der Sinne durch die Synästhesie kommt dadurch zustande, dass sich eine ‚Brücke‘ zwischen den zwei Hirnarealen über das limbische System bildet. Sie stellt gewissermaßen das ‚limbisch bewertende Zwischenglied‘ dar, verknüpft die Sinneseindrücke also mit Emotion und erzeugt dadurch erst die Kopplung im eigentlichen Sinne.“<sup>46</sup>*

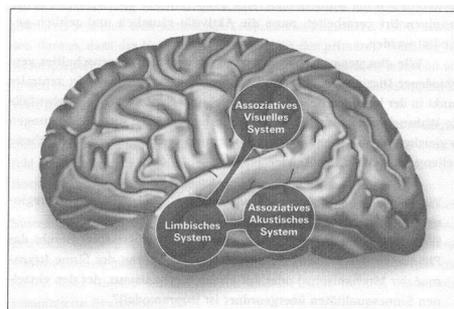


Abbildung 5: „Verbindungen zwischen den assoziativen Hirnrindengebieten für Sehen und Hören mit einem Areal des limbischen Systems (Amygdaloid-Hippocampus-System) (Quelle Emrich/Schneider/Zedler [2004], S.66).

<sup>46</sup> Emrich/Schneider/Zedler (2004), S. 67

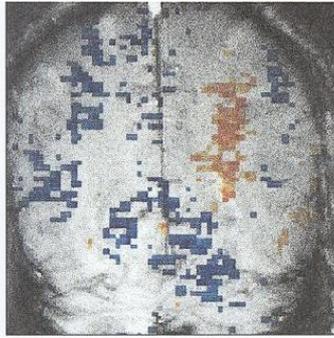


Abbildung 6: „fMRT-Untersuchung eines Probanden mit sehr starker Synästhesie.“ (Quelle: Emrich Schneider Zedler [2004], S.73).

Als limbisches System werden „Strukturen“ im Gehirn bezeichnet, die das vegetative (Eingeweide-)Nervensystem kontrollieren und die Reaktionen innerer Organe sowie die Motivationen und Emotionen koordinieren. Die Gehirnteile, die zu diesem Komplex gehören, sind: Hippocampus und Regionen, Area entorhinalis, Gyrus cinguli, Mandelkerne (Amygdala), Teile des Thalamus, des Hypothalamus, des Mittelhirns und der Formatio reticularis, wie die folgende Abbildung zeigt.

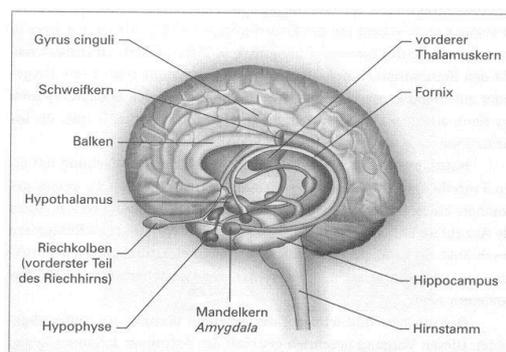


Abbildung 7: Teile des limbischen Systems (Quelle: Emrich Schneider Zedler [2004], S. 25).

Emrich erklärt, dass das Gehirn immer bemüht ist, eine Aufgabe zu lösen. Die höhere Aktivität des Gehirnbereiches beim Synästhetiker gegenüber dem Nicht-Synästhetiker, der primär für die dargebotene Qualität des Sinnesreizes (Hörzentrum) zuständig ist, könnte so erklärt werden, dass beim Synästhetiker eine falsche Verschaltung („wrong-wiring“) stattfindet und die andere kontralaterale Sinnespräsentanz aktiv wird. Somit versucht das Gehirn „etwas mit dem Reiz anzufangen“. Dem Gehirn des Nicht-Synästhetiker gelingt es hingegen, die Aktivität des primären Gehirnbereiches herunterzuregulieren, um so nur eine einfache Sinneswahrnehmung zu erfahren.<sup>47</sup> Eine „Einheit des Bewusstseins“ kann also nur dann stattfinden, wenn sowohl die kognitive (Erkenntnis)-Einheit als auch die bewertende limbische Einheit aktiviert und zu einem zusammenhängenden Ganzen verschmolzen werden. „Wahrnehmungen bleiben nie ganz im abstrakten Sinne

---

<sup>47</sup> Vgl. Emrich/Schneider/Sedler (2004), S.67

„kognitiv“, sondern werden zugleich von unserem Gehirn bewertet und mit einem emotionalen Grundcharakter versehen.“<sup>48</sup>

---

<sup>48</sup> Ebd., S. 68

## 2. Beispiele aus der Geschichte

Dieses Kapitel soll einen geschichtlichen Überblick über die Farbe-Ton-Beziehung insbesondere in der Kunst- und Musikgeschichte geben. Die Bedeutung dieser historischen Recherchen wird in der Publikation „Synästhetische Wahrnehmung und Geräuschdesign“ von Haverkamp dargelegt:

*„Aus Versuchen der Transformation musikalischer Struktur in Farbe und Form (z. B. als Farblichtmusik oder ‚musikalische Graphik‘) kann das beste Vorgehen bei der Ermittlung des zum Fahrzeuggeräusch optimal passenden Designs ebenso abgeleitet werden, wie literarische Vorlagen Hinweise zur verbalen Beschreibung der Schallwahrnehmung liefern (...) Daher liefert die Auswertung von Bildern und Plastiken, die eine Visualisierung akustischer Ereignisse anstreben, wichtiges Material zur Erarbeitung ganzheitlicher Designkonzepte.“<sup>49</sup>*

Ich werde mich auf einige für dieses Thema wichtige Personen, Werke, Verknüpfungen oder Analogien beschränken, da eine ausführliche Beschreibung dieser Thematik den Rahmen der Arbeit sprengen und vom eigentlichen Thema der Projektarbeit abweichen würde. Deshalb möchte ich auf die Doktorarbeit „Ist C=Rot? Eine Kultur- und Wissenschaftsgeschichte zum Problem der wechselseitigen Beziehung zwischen Ton und Farbe: von Aristoteles bis Goethe“ von Jörg Jewanski (1999) sowie auf die Beiträge von Moritz (1987), Peacock (1988), Levin (2000) und Levin (2003) hinweisen besonders in Bezug auf Farblichtinstrumente.<sup>50</sup> Zum Schluss des Kapitels beschreibe ich berühmte Synästhetiker der Kunst- und Musikgeschichte.

Die Geschichte von Farbe-Ton-Beziehung reicht bis in die griechische Antike und sogar nach einigen Quellen bis zur Frühgeschichte zurück. Die unterschiedlichen Denkweisen zu verschiedenen Zeiten und Ländern haben zu unterschiedlichen Farb-Ton-Analogien bzw. Theorien geführt.<sup>51</sup> Von der Antike bis ins 18. Jahrhundert (Aufkommen des Rationalismus) wurde die Existenz einer festen Farbe-Ton-Beziehung allgemein akzeptiert.<sup>52</sup> Aristoteles ging von einer siebenteiligen Farbskala aus, in der die Farben nach der Farbhelligkeit geordnet sind und die bis ins 17. Jahrhundert bevorzugt wurde, „wie das auf Zahlen beruhende allumfassende Harmonieprinzip der Antike.“<sup>53</sup> Die Farbskala wurde auf sieben konsonante musikalische Intervalle bezogen, wodurch sich die Farben wie „Konsonanzen in der Musik“ verhalten und „die Farben von den leichtesten Zahlenverhältnissen gerade wie die Konsonanzen als die angenehmsten erscheinen.“<sup>54</sup> Darüber hinaus konnte auch ein Bezug zur Zahl der Himmelskörper (Entdeckung des Uranus erst 1781) gefunden werden.

Der italienische Maler Giuseppe Arcimboldo (1527-1593) wird vielfach als erster

---

<sup>49</sup> Haverkamp (2005)

<sup>50</sup> Jewanski (1999), zit. n. Daurer (2005)

<sup>51</sup> Vgl. Jewanski (1999) zit. n. Haverkamp (2005), S.18

<sup>52</sup> Vgl. Haverkamp (2005), S.18

<sup>53</sup> Jewanski (1995) zit. n. Daurer (2005), S.36

<sup>54</sup> Ebd., S.36

Erbauer eines Farbklaviers genannt, das „eine nicht näher spezifizierte Beziehung von hörbarer Musik zu einer kompletten Farbskala, die sich von schwarz bis weiß über alle Farben des Regenbogens erstreckte“<sup>55</sup>, dessen Existenz jedoch nicht eindeutig nachgewiesen ist<sup>56</sup>. Isaac Newton hat zu Beginn des 18. Jh. eine „physikalisch begründete“ Bild-Tonintervall-Beziehung etabliert: Er ging von einer Zusammensetzung des weißen Lichtes aus sieben Spektralfarben aus und ordnete die Tonintervalle (eine Oktave bestand aus sieben Tönen und Farbbreiten) einander rechnerisch zu: den Farben wurden ebenfalls Verhältnisse „1, 8/9, 5/6, 3/4, 2/3, 3/5, 9/16, 1/2“ zugeordnet. Abb. 8 zeigt dieses Modell. Louis Bertrand Castel erstellte im 18. Jahrhundert eine Theorie der Farbe-Ton-Beziehung, deren praktische Umsetzung in der Farbenmusik<sup>57</sup> und in der Idee eines „Clavecin oculaire“ als die ersten Versuche einer praktischen Anwendung gelten. Castel ordnete jedem chromatischen Ton eine Farbe zu: c blau, cis celadon, dis olive, e gelb, f goldgelb, fis incarnat, g rot, gis cramoisi, a violett, ais agathe, h blau-violett. Den Hörraum bestimmte er auf 12 Oktaven, wobei sich die Farben in höheren Oktaven mit Weiß aufhellen und in tieferen mit Schwarz verdunkeln.<sup>58</sup>

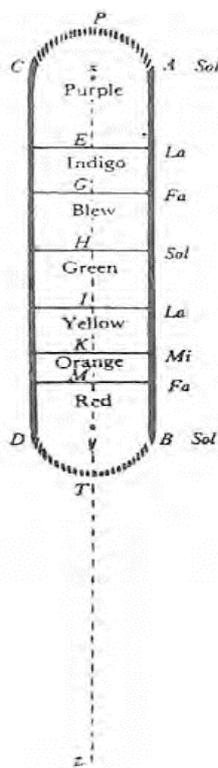


Abbildung 8: Isaac Newtons verknüpfte Darstellung von Tonintervallen und Farbbreiten (Quelle: Jewanski [1995], zit. n. Daurer [2006]).

Castel stellte vom Clavecin oculaire, das bei der Betätigung der Klaviatur zum gewählten Ton die zugehörige Farbe wiedergibt, nur ein sehr unvollkommenes

55 Moritz (1987), S.20 zit. n. Scheel (2006)  
 56 Jewanski (1999), S.170-179, zit. n. Scheel (2006)  
 57 Farbenmusik (Musique des couleurs) wurde von Castel 1735 eingeführt (vgl. Jewanski (1995), S.351, zit. n. Daurer (2005)  
 58 Vgl. Haverkamp (2005), S.18

Exemplar her. „Auf das Instrument war ein Rahmen aufgesetzt, der 61 kleine mit farbigem Glas ausgestattete Fenster enthielt, ein Fenster also für jede Taste des Cembalos. Wenn eine Taste gedrückt wurde, öffnete sich eine Abdeckung vor dem zugehörigen Fenster und Licht schien hindurch. Trotz des komplizierten Hebelsystems, mit dem der Tastendruck auf die Abdeckung übertragen wurde, hat dieses Licht-Cembalo funktioniert; beim Spiel etwa einer Fuge müssen sich beeindruckende Lichtmuster ergeben haben.<sup>59</sup>“

Johann Gottlob Krüger (1715-1759) entwickelte eine auf C-Dur basierende Farbe-Ton-Beziehung (c rot, d goldgelb, e schwefelgelb, f grün, g himmelblau, a purpur, h violett) und ein nie gebautes Farbmusikinstrument, das „Farbeclavecymbel“. Ende des 18. Jahrhunderts entfachten sich dann heftige Diskussionen über den Sinn einer Zuordnung von Farben zu Tönen. So schreibt Goethe in seiner Farbenlehre: *“Vergleichen lassen sich Farbe und Ton untereinander auf keine Weise; aber beide lassen sich auf eine höhere Formel beziehen, aus einer höhern Formel beide, jedoch jedes für sich, ableiten“* ; auch Karl Heinrich Heydenreich (1764-1801) stellt das Versagen der Analogie in 4 Punkten zusammen.<sup>60</sup>

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts kommen physikalische Analogiebetrachtungen hinzu: der Physiker Thomas Young versuchte im Hinblick auf den gemeinsamen Wellencharakter von Licht und Schall die Frequenzen der Töne bis in den Frequenzbereich des sichtbaren Lichtes zu extrapolieren, um so für die Töne einer Oktav analoge Farben zu finden. Er bestimmte für die Zuordnung von c die Farbe gelb-grün (im 18. Jahrhundert galt a=415 Hz)<sup>61</sup> Ein Beispiel hierfür ist die chromatische Zuordnung einer zwölfteiligen Farbskala zu einer Oktave nach Alexander W. Rimington um 1911. Der tiefste Ton wird dem Farbton mit niedrigster Frequenz zugeordnet:



Abbildung 9: Farbskala nach Alexander W. Rimington (Quelle: Haverkamp [2003]).

Alexander Rimington entwickelte um 1890 ebenfalls eine „Color Organ“, eine Orgel gekoppelt mit elektrisch erzeugten Farbprojektionen nach seiner Farb-Ton-Zuordnung, die er in seinem Buch „Colour-Music“ (1912/2004) beschrieb.

Die gleiche Zuordnung nutzte Brainbridge Bishop, um mit Betätigung der Orgel eine gefärbte Glasscheibe mit konzentriertem Tageslicht zu beleuchten. Beide Modelle sind in den folgenden Abbildungen dargestellt:

---

<sup>59</sup> Reetze 1993, zit. n. Daurer (2005)

<sup>60</sup> Jewanski (1995), zit. n. Daurer (2005), S.39f.

<sup>61</sup> Haverkamp (2005), S.19



Abbildung 10: Farbmusik-Instrument von Bishop (Quelle: Maura [2002], zit. n. Daurer 2006).



Abbildung 11: Color Organ von Rimington (Quelle: Moritz [1987], zit. n. Daurer 2006).

Haverkamp bezeichnet eine solche Zuordnung des Farbtons zu einer Tonfrequenz als physikalische Verknüpfung, meint jedoch, dass diese die Forderung nach der Analogie zur Helligkeit (bzw. Sättigkeit) verletzt. „Eine Farbmischung entsprechend mehrstimmiger Musik führt jedoch zu einer Dämpfung bzw. einem Verblässen der Farben, somit nicht zu einer Intensivierung der Wahrnehmung, die durch mehrstimmige Musik erreicht wird.“<sup>62</sup> Der entscheidende Grund dafür, dass Schallsignale nicht exakt in äquivalente visuelle Strukturen transformiert werden können, so Haverkamp, liegt in der Zusammenfassung jedes Lichtspektrums zu einer singulären Wahrnehmung. Durch Kombination verschiedener Schallquellen entstehen besondere Reize: Wahrnehmung mehrerer Grundtöne, verschiedene Klangfarben oder andere Produkte der Interaktion einzelner Spektralanteile. Hingegen führt die visuelle Wahrnehmung beliebiger Spektren immer nur zur Wahrnehmung einer einzelnen Farbe. Durch die Beschreibung des Lichtes als elektromagnetische Welle von James Clark Maxwell (1864) wurden Youngs Versuche bald aufgrund der

---

<sup>62</sup> Haverkamp (2003).

Unterschiedlichkeit von mechanischen zu elektromagnetischen Wellen widerlegt. Hermann von Helmholtz wies seinerseits darauf hin, dass Melodien bei der Transposition ihren Charakter behielten während dies bei Farben nicht der Fall ist.<sup>63</sup>

In der Zeit der Romantik entstand die Idee des Gesamtkunstwerkes, das möglichst alle Gattungen der Kunst vereinen soll. Die Doktorarbeit „Von Wagner zu Skrjabin“ von Andreas Pütz beschreibt wesentliche

„synästhetische Anschauungen in Kunst und Musik des ausgehenden 19. Jh.“<sup>64</sup> von der Idee Wagners „jede einzelne dieser Gattungen als Mittel gewissermaßen zu verbrauchen, zu vernichten zu Gunsten der Erreichung des Gesamtzwecks“ bis zu Skrjamins Idee der Synthese aller Sinnesempfindungen, „was bedeutete, daß neben Wort, Musik und Bild auch Düfte, Berührungen und Tanz in sein Konzept integriert wurden.“<sup>65</sup>

In Bezug auf Sinnesverknüpfungen schreibt Harro Segenberg über die Musik von Wagner: „Wagners Musik wird die Qualität einer ästhetischen Reizwirkung zugeschrieben, die es fertig bringt, in der Intensität einer Sinneswirkung weitere Sinneswirkungen anzuregen“. A. Skjabin hat 1911 in seiner Symphonie „Prometheus, Le Poème du feu“, op. 60 für Orchester mit Flügel, Orgel und Chor versucht, eigene synästhetische Empfindungen auszudrücken.<sup>66</sup> In der Partitur kommt eine mit „luce“ bezeichnete zweistimmige Lichtstimme vor, die von einem „clavier à lumière“ (Farbenklavier) gespielt wird und sich so Farbenspiele in Form von Strahlen, Wolken und anderen Formen über den Konzertsaal ausbreiten(siehe Abb. 12-14), „die in einem so starken weissen Licht kulminierten, dass die Augen schmerzten“<sup>67</sup>.

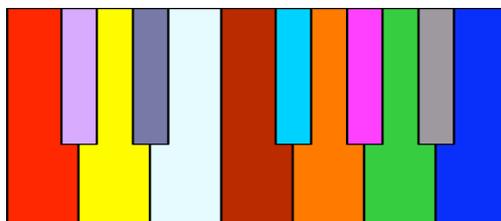


Abbildung 12: Farbige Klaviatur für das „clavier à lumières“ in Skrjamins „Promethée“.

---

<sup>63</sup> Vgl. Daurer (2005), S.40

<sup>64</sup> Wagner (1850), Das Kunstwerk der Zukunft, zit. n. Daurer (2005)

<sup>65</sup> Pütz (1995), S.191, zit. n. Daurer (2005)

<sup>66</sup> H. I. Motte (1990), S.66, zit. n. Flecker (1997)

<sup>67</sup> Cytowic (1993), S. 70, zit. n. Flecker (1997), S.21

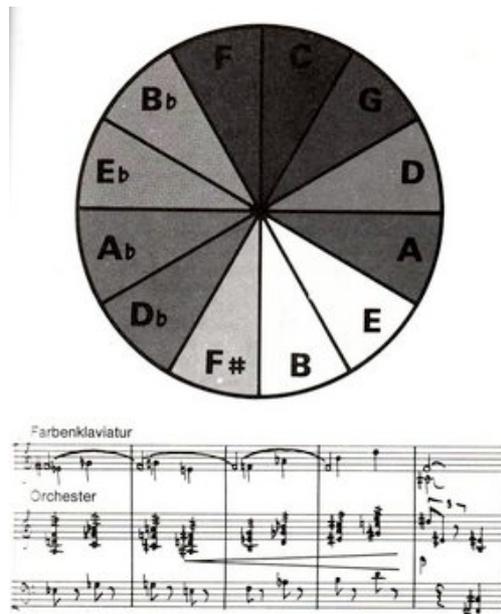


Abbildung 13: Skrjabin Promethée-Le Poème du feu, 1916 (Quelle: Medien Kunst Netz).

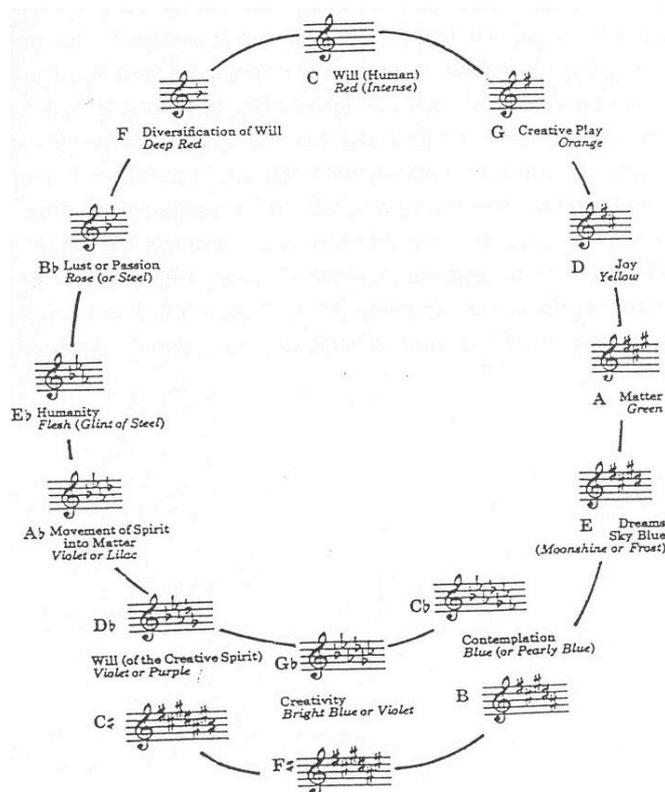


Abbildung 14: Skrjamins Zuordnung von Farben und Tonarten in Prometheus (Quelle: H. I. Motte [1990], S.67).

Diese Zuordnung zeigt, dass Skrjabin von der Idee der Verschmelzung der Sinne so ergriffen war, dass er sogar mit dieser Analogie einen spirituellen Mystizismus zum Ausdruck bringen wollte. Sein „mystischer Akkord“ war eine Folge von fünf

Viertonintervallen: (C, fis, b, E', A', D''). Prometheus mit den Lichteffekten wurde am 20. März 1915 in New York uraufgeführt. Ein noch umfassenderes Werk, „Mysterium“, das eine Vereinigung von Musik, Poesie, Tanz, farbiges Licht und Düfte beabsichtigte, wurde nie vollendet.<sup>68</sup>

Der österreichische Komponist und Musiktheoretiker Josef Matthias Hauer (1883-1959), ein Wegbereiter der Zwölftontechnik, war ebenfalls Synästhetiker und hat in seiner Schrift „Vom Wesen des Musikalischen“ ebenfalls eine Entsprechung der Intervalle bzw. Tonarten zu Farben gefunden. Die Quartintervalle (Quarten, kleine Septimen, kleine Terzen, kleine Sexten, kleine Sekunden, verminderte Quinten) entsprechen den (sich im inneren Kreis der unten abgebildeten Grafik befindenden) kalten ruhigen Farben Grün und Blau.<sup>69</sup>

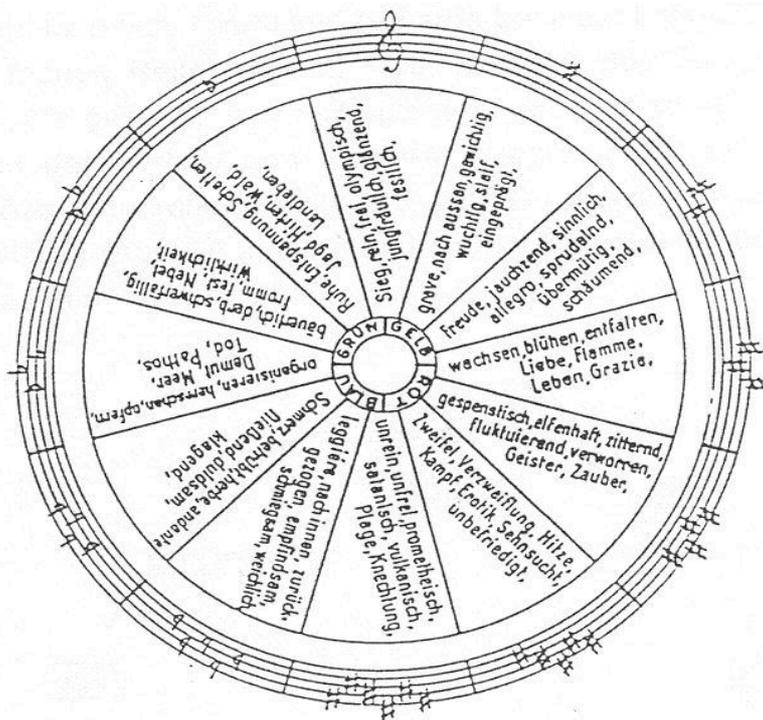


Abbildung 15: J. M. Hauer (Quelle: H.I. Motte [1990] S.65).

In den zwanziger Jahren komponierte der Synästhetiker Alexander László (1895-1970) „Farblichtmusik“ und korrelierte „Farbharmonien“ mit musikalischen Intervallen, die sich durch Permutationen einer 8-stufigen Skala ergeben:

<sup>68</sup> Vgl. Cytowic (1993), S.71, zit. n. Flecker  
<sup>69</sup> Vgl. H. I. Motte (1990), S.64 ff., zit. n. Flecker



Abbildung 16: Beispiel für Farbharmonien nach László Quelle: Haverkamp (2003)

Hatte man zuvor häufig versucht, Tönen bestimmte Farben zuzuordnen, setzt László stattdessen Klänge und Farben zueinander in Beziehung, wobei er einen synästhetischen Ansatz verfolgte.<sup>70</sup> Um 1925 gab László mit seinem selbst entwickelten Sonchromatoskop „Farblichtkonzerte“ und erfreute sich eines hohen Bekanntheitsgrades mit vereinzelt sogar „*euphorischer Zustimmung*“.<sup>71</sup> Dieses Farblichtinstrument bestand aus einem Schalltisch, der mit Registern und Hebeln versehen und „ähnlich einem Harmonium“<sup>72</sup> beschrieben wurde und von dem aus die einzelnen Projektoren (bestehend aus dem Schaltbrett und den 4 großen und 4 kleinen Projektionsapparaten) gesteuert wurden, so dass verschiedene Farb- und Bildebenen in einer Funktionsweise ähnlich wie Mischpulte miteinander gemischt werden konnten.



Abbildung 17: Gesamte Anlage des Farblichtklaviers von László (Quelle: Albert Schröter, Die Farblichtmusik).

Wie die Farblichtkonzerte von László wirklich aussahen, ist allerdings heute nicht bekannt, da es keine Aufnahmen gibt.

Anfang bis Mitte des 19. Jahrhunderts wurde eine ganze Reihe von verschiedenen Farbmusikinstrumenten entwickelt, die jeweils auf eigenen Analogien von Farbe und Musik aufgebaut waren. Einige Beispiele dafür sind: Mary Hallock Greenewalt entwickelte um 1920 eine Farborgel „Sarabet“, die mit einer Abblendvorrichtung mit 267 Helligkeitsstufen versehen war und ein Farbinstrument namens „Visual-Music Phonograph“, das „*bewegte Farben auf eine Glaskuppel warf, die ihrerseits ein*

<sup>70</sup> Jewanski (2000), S.53

<sup>71</sup> Jewanski (1997), S.28

<sup>72</sup> Schröter (1925) in Jewanski (2000), S.56 zit. n. Scheer

*Grammophon abdeckte.*<sup>73</sup> Ein weiterer großer Meister der Farbmusik war Thomas Wilfred (eigentl. Richard Lövström, 1889-1968), der um 1920 ein Instrument entwickelte, das er „Clavilux“ nannte: *„Die diversen Clavilux-Modelle produzierten diffuse, polymorphe Farbflüsse in kurvenartigen Bewegungen als Interaktionsergebnis von unabhängig rotierenden farbigen Scheiben und Zerrspiegeln“*<sup>74</sup> Seine rein visuellen Kompositionen nannte er „Lumia“. 1965/66 entstand mit „Opus 161“ sein bekanntestes Werk:<sup>75</sup>



Abbildung 17: Opus 161 von Wilfred (Quelle: Epstein Eugene zit.n. Daurer (2005) S. 45).

Wladimir Baranoff-Rossiné (1888-1944) gilt heute als einer der Pioniere der „synästhetischen Bewegung“. Er baute um 1920 das „Piano Optophonique“ (siehe Abb. 18, 19), welches heute noch im „Musée d’Art Moderne“ in Paris zu sehen ist. 1925 äußerte er sich folgendermaßen:

*„Der Tag, an dem ein Komponist seine Gedanken in einer Schreibweise festhält, die dazu befähigt, den Klang und das Licht gleichermaßen zu notieren, wird uns näher an jene Vereinigung der Künste bringen, nach der wir seit jeher gestrebt haben (...)“.*



Abb.18: Das Piano optophonique.

---

<sup>73</sup> Moritz (1987), S.31

<sup>74</sup> Moritz (1987), S.33

<sup>75</sup> <http://www.lumia-wilfred.org/content/animation/op161.html>

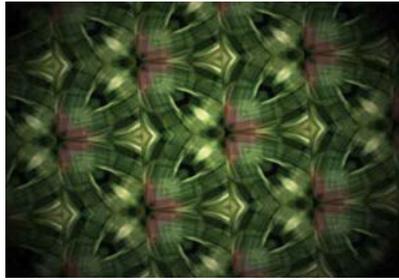


Abbildung 19: Ein Farbeffekt, erzeugt mit dem Piano Optophonique (Quelle: Rossiné, D.B. [1997/2005]).

Weitere Arbeiten des 20. Jh. seien der Vollständigkeit halber nur angeführt: Optophon von Raoul Hausmann (um 1925), Licht-Raum-Modulator von Laszlo Moholy-Nagy (um 1930), Farblichtspiele und Skulpturen von Ludwig Hirschfeld-Mack (Lichtsonate und Farbensonatine um 1920), MobilColor Projector von Charles Dockum 1940, der Lumigraph von Oskar Fischinger (um 1950) und das Synchronous Kindeidoscope von Stanton Macdonald-Wright (um 1960).

Ab den 20er Jahren wandten sich immer mehr KünstlerInnen filmischen Techniken zu und so

*„sinkt im Verlauf des 20sten Jahrhundert jedoch die Bereitschaft, feste Zuordnungen zwischen Tönen, Klängen und Farben zu treffen. Systematische Konzepte sind zugunsten größerer kreativer Freiheit und Emotionalität in den Hintergrund getreten.“<sup>76</sup>*

In Bezug auf das von Haverkamp angestrebte („synästhetische“) Gerätedesign kann für die Kopplung visueller und auditiver Attribute festgehalten werden, dass *„eine künstlerisch ‚wahre‘ oder wenigstens optimale Zuordnung im Bereich der Farblichtmusik nicht gefunden wurde.“<sup>77</sup>*

In den 20er und 30er Jahren entstand vor allem in Deutschland eine Bewegung unter den Filmemachern, welche „Absoluter Film“ oder „Abstrakter Film“ genannt wurde und die die Idee der *„Integration von musikalischen Prinzipien und damit die Lösung vom Gegenständlichen, von der abbildenden Funktion und von der Erzählung übernahm.“<sup>78</sup>* Vor allem seine Vertreter Hans Richter (Rhythmus 21), Walter Ruttmann (Lichtspiel Opus I-IV) und Viking Eggeling (Horizontal-Vertikal-Orchester, Diagonal-Symphonie) gestalteten ihre Filme in Anlehnung an musikalische Komposition. Abstrakte Formen sollten durch das Medium Film auf die Zeitachse transportiert und das Bildmaterial in einer quasi musikalischen Anordnung präsentiert werden- Malerei in Bewegung.<sup>79</sup> *„Bemerkenswert ist, daß der abstrakte Film der 1920er Jahre trotz der Vorbildfunktion der Musik weitgehend stumm blieb, weil, so Emons, die „Filme des äußeren Klanges nicht bedurften.“<sup>80</sup>*

Ein wichtiger Vertreter des „Abstrakten Films“, auch in Bezug auf die

---

<sup>76</sup> Haverkamp (2005), S.19

<sup>77</sup> Haverkamp (2005), S.19

<sup>78</sup> Scheel (2006), S.283

<sup>79</sup> Emons (1987),S.53, zit.n. Scheel (2006), S.283

<sup>80</sup> Emons (2000), S.251, zit.n. Scheel (2006), S.284

Synästhesieforschung, war Oskar Fischinger (1900-1967). Fischinger zeichnete in seinen „Experimenten mit synthetischem Ton“ mit „Stift und Tinte“ Muster, die dann direkt als Lichtton auf den Filmstreifen photographiert wurden. Fischinger konnte so die Beziehung zwischen Musik und graphischen Elementen in der Zeit, eine „Musikalität von bewegter graphischer Form“<sup>81</sup> erforschen und war erstaunt darüber, dass jede Form einen korrespondierenden Sound hatte – eine „*iconic acoustic signature*.“<sup>82</sup> Nach intensiver Beschäftigung mit diesem neuen Phänomen schrieb er in seinem Aufsatz „Klingende Ornamente“:

*„Between ornament and music persist direct connections, which means that Ornaments are Music. If you look at a strip of film from my experiments with synthetic sound, you will see along one edge a thin stripe of jagged ornamental patterns. These ornaments are drawn music – they are sound: when run through a projector, these graphic sounds broadcast tones of a hitherto unheard of purity, and this, quite obviously, fantastic possibilities open up for the composition of music in the future.“*<sup>83</sup>

In der folgenden Abbildung zeigt Oskar Fischinger Rollen mit „Handgezeichnetem Sound“:



Abbildung 20 (Quelle: Iota Foundation Archive, Los Angeles [Levin 2003]).

Auf diese Weise konnte also zum ersten Mal synthetischer Ton erstellt werden. In einer Vorlesung über synthetischen Ton im Haus der Ingenieure in Berlin 1932 stellte Fischinger bewusst die Frage, ob keine tiefe „common structural logic“ zwischen den vorherrschenden (visuellen) Ornamenten und den auditiven „pattern“ in einer Gesellschaft existiert, wohlwissend, dass seine Bild-Ton-Analogie von der Technik diktiert wurde und somit mehr einer Isomorphie oder physikalischen Korrespondenz entsprach („accidental relationship“<sup>84</sup>) als einer Synästhesie. Nichtsdestotrotz schreibt Haverkamp in seiner Publikation, dass sich im abstrakten Film (Fischinger) einfache Grundformen anbieten würden, die „als endogene Bildmuster im Wahrnehmungsapparat eine wichtige Basis der Mustererkennung bilden.“<sup>85</sup> Die folgende Abbildung 21 zeigt einige Ornamente von Oskar Fischinger:

---

81 Levin (2003)

82 Ebd.

83 Fischinger (1932), zit.n. Daurer (2005), S.48

84 Levin (2003), S.52

85 Haverkamp (2003)

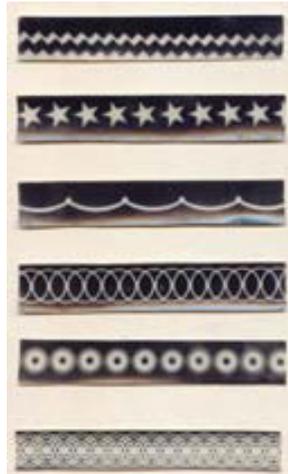


Abbildung 21 (Quelle: Sounding Ornaments Deutsche Allgemeine Zeitung [8.7.1932], Daurer [2005] S.48).

Klüver spricht in diesem Kontext von Formkonstanten, deren Existenz auf „irgendeine Grundgegebenheit der Wahrnehmung hindeute.“<sup>86</sup> Mit diesen Grundformen und der intermodalen Analogie könnte man laut Haverkamp auch Geräuschphänomene (Hörversuche, Design) sinnvoll visualisieren (siehe Kapitel 3 und Kapitel 4). Die folgende Abbildung zeigt die Produktion einer Rolle für handgezeichneten Sound im Oskar Fischinger Workshop 1932:



Abbildung 22 (Quelle: Iota Foundation Archive, Los Angeles. Levin [2003]).

Lange bevor Fischinger seine Erkenntnisse publizierte, arbeitete Rudolf Pfenninger in den Studios der Münchener Lichtspielkunst AG an einer systematischen Technik zur Synthetischen Sound-Synthese, weniger im Interesse der Synästhesie an sich, sondern eher im Interesse eines ökonomischen Nutzens. Seine Arbeit sah so aus, dass er die visuellen Muster, die von spezifischen Sounds produziert wurden, im Oszilloskop analysierte, bis er eine spezifische „graphic signature“ für jeden einzelnen Ton isolieren und aufzeichnen konnte.(„Tönende Handschrift“). In Abbildung 22 malt

---

<sup>86</sup> Kommentar von Cytowic: Meise (2005), S.41, zit. n. Dermietzel (2005)

Rudolf Pfenninger einen „Sound strip“:



Quelle: Levin (2003).

Eine musikanaloge Verwendung von Formen ist auch bei Karlheinz Stockhausen „Elektronische Studien II“ (1956), John Cage „Aria for Voice (Any Range)“ (1969), Leon Schidlowsky „Babel“ (1976) zu finden.<sup>87</sup> Diese weisen eine rein bildhafte Musikalität ohne akustische Umsetzung auf (Graphische Musik).<sup>88</sup> Ein weiteres Beispiel für die Verwendung von Formen und Farben in einer Hörpartitur liefert Wehinger (1970) für die elektronische Komposition „Artikulation“ (1958) von György Ligeti. Die folgenden Abbildungen zeigen zwei Auszüge solcher Zeichensysteme:

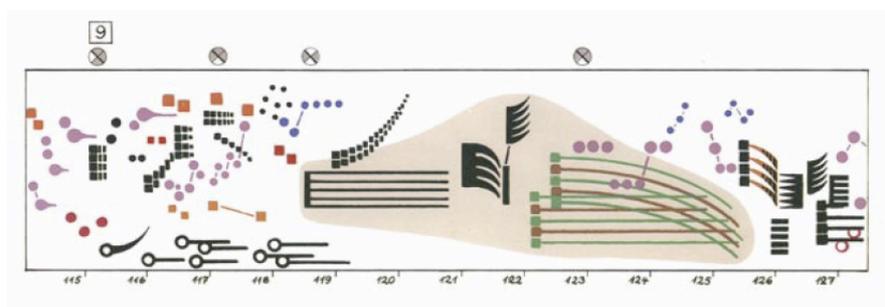


Abbildung 24: György Ligeti, „Artikulation“ (Quelle: Ligeti [1970], S.51, nach Dermietzel [2005] S. 17).

---

87 Haverkamp (2003)

88 Haverkamp (2005), S.14



Abbildung 25: Zeichensystem von Rainer Wehinger für die Hörpartitur zu Ligeti „Artikulation“ (Quelle: Ligeti [1970], Haverkamp [2003]).

Haverkamp vergleicht diese Zuordnung mit den Verknüpfungsebenen seiner Verknüpfungshierarchie und stellt fest, dass die Farben assoziativ gewählt und dann im Sinne intermodaler Analogie systematisiert wurden: 1. schwarz/braune Farben bezeichnen geräuschhafte Signale, 2. reine Farben symbolisieren Sinustöne, 3. die Formen bilden Analogien zur Zeitstruktur.<sup>89</sup>

Bis in die 1930er Jahre hatte sich die Visualisierung von Musik auf das Zusammenwirken der Elemente Klang und Bild als Analogie oder als synchroner Vorgang konzentriert. Durch die Entwicklung elektronischer Technologien kam die Videokunst (Cage, Paig) auf, die das Zusammenspiel von Kunst und Musik als „*Fusion der Medien auf der Grundlage von Intertextualität, Intermedialität, Interaktion*“ sieht.<sup>90</sup>

Inwieweit diese freien Kombinationen oder Interaktionen von Musik und Bild noch „synästhetischen“ Gesetzmäßigkeiten gerecht werden, muss im Einzelfall erforscht werden, ist aber der „künstlerischen Freiheit“ wegen nicht von Bedeutung.

Namen von einzelnen berühmten Synästhetikern der Geschichte (vor allem der Kunst-, Literatur- und Musikgeschichte) tauchen in der wissenschaftlichen Literatur in Form einiger Autoren wie z. B. Emrich, Cytowic oder Haverkamp auf. Jedoch habe ich keine übereinstimmende Liste in der Literatur gefunden. Dies liegt vor allem daran, dass eine mögliche Synästhesiefähigkeit über Erzählungen oder Quellen zweiter oder dritter Hand diagnostiziert werden muss und so kommt es zu unterschiedlichen Aussagen, ob eine Person als Synästhesiker gilt oder nicht. Dies lässt sich posthum in der Regel nicht klären.<sup>91</sup> John E. Harrison geht im Kapitel 5 „When is synaesthesia not synaesthesia? When it is a metaphor.“ seines Buches „Synaesthesia. The strangest Thing“ auf diese Problematik auch in Bezug auf berühmte Persönlichkeiten ein.

<sup>89</sup> Haverkamp (2003)

<sup>90</sup> Weibel (1987) S. 116, Scheel (2006) S.287

<sup>91</sup> Haverkamp (2005), S.19; Harrison John (2001)

## 2.1 Berühmte Synästhetiker

### Györgi Ligeti (1923-2006)

gilt als genuiner Synästhetiker laut Emrich<sup>92</sup> und Day<sup>93</sup>, wie seine Beschreibungen in Interviews über seine Musik vermuten lassen:

*„Klänge und musikalischer Zusammenhang wecken bei mir stets Vorstellungen von Konsistenz und Farbe, von sichtbarer sowie erkennbarer Form. Klingende Felder und Massen, die zusammenfließen, einander ablösen oder durchdringen, schwebende Netzwerke, die zerreißen oder sich verknoten – feuchte, klebrige, schwammige, faserige, trockene, brüchige, körnige und kompakte Materialien – Fäden, Floskeln, Splitter und Spuren aller Art – imaginäre Bauwerke, Labyrinth, Inschriften, Texte, Dialoge, Insekten, Zustände, Ereignisse, Verschmelzung, Verwandlung, Katastrophe, Verfall, Verschwinden – all dies sind Elemente dieser nichtpuristischen Musik.“* „I am inclined to synaesthetic perception. I associate sounds with colours and shapes. Like Rimbaud, I feel that all letters have a colour.“<sup>94</sup>

### Olivier Messiaen (1908-1992)

empfand Tonkomplexe als visuelle Eindrücke, „(...) sanfte Kaskaden von blau-orangefarbenen Akkorden (...)“, die sich mit der Musik bewegten.<sup>95</sup> Den Klavierpart des 2ten Movements im herausragenden Werk „Quatuor pour la fin du temps“ beschreibt er als „gentle cascade of blue-orange chords“.<sup>96</sup> Laut Day ist er ein echter Synästhetiker, wie es aus seinen eigenen Werken und Interviews ersichtlich wird. Harrison (2001) behauptet hingegen, dass es keinen kompletten Beweis gibt.

### Leonard Bernstein (1918-1990)

Der amerikanische Komponist und Dirigent besaß laut Day eine (echte) Klangfarbe-Farbe-Synästhesie, über die er in seiner Serie „Young People's Concerts“ berichtete.<sup>97</sup>

### Richard Feynman (1918-1988)

Physiker und Nobelpreisträger (1965).<sup>98</sup> Chromato-graphemische Synästhesie:

*„When I see equations, I see the letters in colors – I don't know why. As I'm talking, I see vague pictures of Bessel functions from Jahnke and Emde's book, with light-tan*

---

<sup>92</sup> Emrich/Schneider/Zedler (2004), S.17

<sup>93</sup> Sean A. Day (2008), „famous synesthetes“

<sup>94</sup> Ligeti (2002), S.7f., zit. n. Dermietzel (2005), S.16

<sup>95</sup> Emrich/Schneider/Zedler (2004), S.16

<sup>96</sup> Harrison (2001), S.129

<sup>97</sup> Sean A. Day (2008) „famous synesthetes“; „The Leonard Bernstein Official Site: For Young People“

<sup>98</sup> Sean A. Day (2008) „famous synesthetes“

*j's, slightly violet-bluish n's, and dark brown x's flying around. And I wonder what the hell it must look like to the students.* <sup>99</sup>

### Duke Ellington (1899-1974)

Komponist und Pianist, war Klangfarben-Farben-Synästhetiker<sup>100</sup> wie auch in einem Zitat aus „Don George“ deutlich wird:

*„I hear a note by one of the fellows in the band and it's one color. I hear the same note played by someone else and it's a different color. When I hear sustained musical tones, I see just about the same colors that you do, but I see them in textures. If Harry Carney is playing, D is dark blue burlap. If Johnny Hodges is playing, G becomes light blue satin.* <sup>101</sup>

### Vladimir Nabokov (1899-1977)

In der Autobiographie „Speak Memory“ (1966)<sup>102</sup> beschreibt der russische Schriftsteller sehr genau seine chromato-graphemische Synästhesie. Er empfand die Farben nicht beim Hören gesprochener Sprache, sondern ausschließlich bei der Wahrnehmung der Buchstabenformen. In diesem Zusammenhang berichtete er auch, dass das Phänomen in seiner Familie mehrfach vorkam.<sup>103</sup> Laut Day<sup>104</sup> und Harrison<sup>105</sup> war er echter Synästhetiker, aber auch seine Mutter, seine Frau und sein Sohn Dmitri gelten als echte Synästhetiker.

### Jean Sibelius (1865-1957)

Laut dem Biografen von Sibelius, Karl Ekman, hatten Töne farbliche Entsprechungen für Sibelius:

*„For him there existed a strange, mysterious connection between sound and color, between the most secret perceptions of the eye and ear. Everything he saw produced a corresponding impression on his ear – every impression of sound was transferred and fixed as color on the retina of his eye and thence to his memory. And this he thought as natural, with as good reason as those who did not possess this faculty called him crazy or affectedly original.* <sup>106</sup>

### Alexander Scriabin (1872-1915)

- 
- 99 Feynman (1988)  
100 Sean A. Day (2008) „famous synesthetes“  
101 Duke Ellington in Don George (1981), S.226  
102 Nabokov (1966)  
103 Emrich/Schneider/Zedler, S.16  
104 Sean A. Day (2008) „famous synesthetes“  
105 Harrison (2001), S.133  
106 Adolf Paul in Ekman (1938), S. 41f.

komponierte 1910 seine „Synästhesie-Sinfonie“ Prometheus<sup>107</sup> mit einer konkreten Farbe-Ton-Analogie. Dabei kam auch eine Lichtorgel zum Einsatz. In der Literatur wird Skrjabin oft unter den Synästhetikern aufgezählt, andere Literaturquellen wie z. B. Emrich/Schneider/Zedler (2004) geben kein Urteil ab. Der Psychologe Charles Myers und anerkannte Spezialisten für Phänomene wie das Farbenhören oder das Tönesehen untersuchten Skrjabin (1914).<sup>108</sup> Myers berichtet, dass Skrjabin behauptet, normalerweise nur ein Gefühl der Farbe wahrzunehmen, wenn er Musik hörte und nur in Fällen, wo das Gefühl sehr stark sei, sehe er konkrete Farben. Nach einer Untersuchung eines anderen Zeitgenossen, Leonid Sabaneev (1911), nahm Skrjabin spontan drei Farben wahr, die den Tonarten C, D und Fis entsprachen.<sup>109</sup> Day geht in seiner Liste<sup>110</sup> davon aus, dass er nur ein „Pseudosynästhetiker“ war und somit kein echter Synästhetiker. Auch Harrison schließt sich der Meinung von Myers an und sagt, dass Skrjabin nicht die genuine Synästhesie besaß.<sup>111</sup>

### Franz Liszt (1811-1886)

Der Komponist und Klavierspieler instruierte in der zweiten Hälfte des 19. Jh. bei einer Orchesterprobe in Weimar die Musiker: „*Das ist ein tiefes Violett, ich bitte, sich danach zu richten! Nicht so rosa!*“ und forderte sie an anderer Stelle auf „*ein bißchen blauer, wenn es gefällt*“ zu spielen, denn „*die Tonart erfordert es!*“<sup>112</sup>. Er war ebenfalls echter Synästhetiker.<sup>113</sup>

### Joachim Raff (1822-1882)

Laut Day ist es unklar, ob Raff ein Klangfarben-Farben-Synästhetiker war, weil seine beschriebenen Phänomene nicht genug Informationen liefern. Womöglich war er jedoch Synästhetiker.<sup>114</sup>

„(...) *the sounds of instruments produced color impressions of various kind. Thus the sound of a flute produced the sensation of intense azure blue; of the hautbois (oboe), yellow; cornet, green; trumpet, scarlet; the French horn, purple; and the flageolet (bassoon), grey. The clearest and most distinct shades were those evoked by the high notes*“<sup>115</sup>

### Nikolai Rimsky-Korsakow (1844-1908):

---

<sup>107</sup> Emrich/Schneider/Sedler (2004), S. 16

<sup>108</sup> Sigfried Schibli, „Alexander Skrjabin und seine Musik“

<sup>109</sup> Peacock (1985); Sabaneev (1911)

<sup>110</sup> Sean A. Day (2008) „famous synesthetes“

<sup>111</sup> Harrison (2001), S.127

<sup>112</sup> Nach einem anonymen Artikel der Neuen Berliner Musikzeitung (29. August 1895); Mahling (1926), S.230; Anschütz Farbe-Ton-Forschung (1927), Bd.1

<sup>113</sup> Sean A. Day (2008) „famous synesthetes“

<sup>114</sup> Ebd.

<sup>115</sup> Krohn W. O. (1892), American Journal of Psychology

Echte Ton-Farbe-Synästhesie (Musical keys-color).<sup>116</sup> Laut einem Artikel der russischen Presse machte er folgende Assoziationen: C white, G brownish-gold light, D daylight yellowish royal, A clear pink, E blue sapphire bright, H gloomy dark blue with steel shine, Fis greyish-green, Dis darkish warm, As greyish-violet, Es dark gloomy grey-bluish, B darkish, F green clear (color of greenery).<sup>117</sup> Emrich spricht von Farbassoziation: „*Er war der Auffassung, daß die Note F grün sei. Seine Farbassoziation beruhte darauf, daß er diesen Ton häufig in pastoraler Musik verwendete und dabei stark an grüne Blätter und Gras erinnert wurde.*“<sup>118</sup>

### Charles Baudelaire (1821-1867):

Poet, Essayist und Kunstkritiker. Er hat in seinen zahlreichen Gedichten wie „Correspondances“ (1857) oder „Voyelles“ die Entsprechung von Tönen, Gerüchen und Farben bewusst eingesetzt.<sup>119</sup> Er glaubte selbst Synästhetiker zu sein und laut Emrich ähnelt der Synästhesiebegriff, den Charles Baudelaire verwendet hat, dem der Psychologen Lawrence E. Marks und Robert D. Melara (Audition colorée 1890): „*Er beschreibt ein Phänomen, das man als intermodale Analogie bezeichnen kann – zwei Sinnesmodalitäten werden in Bezug zueinander gesetzt.*“<sup>120</sup> Harrison (2001) stellt die Frage, wie zuverlässig der Zeuge Baudelaire in Hinblick auf seine subjektive Erfahrung sein konnte, weil er ebenfalls zugab, dass er Haschisch nahm und bekannt war, dass er an Syphilis litt. Der französische Wissenschaftler Gautier (1843) hatte entdeckt, dass die Zunahme von Haschisch zu „Pseudo sensations of colour“ führt; auch andere Drogen wie LSD, Meskalin besitzen diese Fähigkeit.<sup>121</sup> Day ordnet Baudelaire als Pseudosynästhetiker ein.

E.T.A Hoffmann, G. Keller, A. Rimbaud und J. K. Huysmans werden ebenfalls synästhetische Wahrnehmungsfähigkeiten nachgesagt.<sup>122</sup> Harrison schreibt, dass Rimbaud später zugab, dass die in seinem Gedicht „Le sonnet des voyelles“ beschriebenen Vokal-Farbe-Assoziation nur eine Erfindung war: „*J'inventais la couleur des voyelles!*“<sup>123</sup> Für Huysman gibt es ebenfalls keinen Beweis.

### Vassily Kandinsky (1866-1944)

Auch bei Kandinsky gibt es keinen schlüssigen Beweis, dass er echter Synästhetiker war. Day bezeichnet ihn als Pseudosynästhetiker, Würtenberger (1979) schreibt im Gegenzug, dass er ausgesprochen stark synästhetisch veranlagt war. Cytowic bezeichnet Kandinsky als Synästhetiker<sup>124</sup> und erwähnt, dass Kandinsky für die Beschreibung seiner Bilder oft aus der Musik entlehnte Bezeichnungen verwendete: „Impression“, „Improvisation“, „Komposition“. In der synästhetischen

---

116 Sean A. Day (2008) „famous synesthetes“

117 Yastrebtsec V. (1908)

118 Emrich/Schneider/Zedler (2004),S.16

119 Ebd., S.15

120 Ebd., S.16

121 Harrison (2001), S.117

122 Haverkamp (2005), S.19; Mahling (1927)

123 Harrison (2001), S. 119; Sean A. Day (2008) „famous synesthetes“

124 Cytowic (1993) „The Man who tastes shapes“

Farbdarstellung<sup>125</sup> von Kandinsky legt er Korrespondenzen zwischen den Farben und den Klangfarben der Musikinstrumente fest.

Es gibt noch eine große Anzahl anderer berühmter Persönlichkeiten, denen eine Synästhesiewahrnehmung oder zumindest eine Pseudosynästhesie nachgesagt wird, so z. B. Josef Matthias Hauer, Kupka, Itten, Klee, Mondrian, Jimi Hendrix, Hélène Grumiaux, Eisenstein (siehe Harrison 2001). Allerdings gibt es meistens keine verlässliche wissenschaftliche Literaturquelle. Ich möchte also nur auf die Liste von Day hinweisen, die ebenfalls ständig aktualisiert wird.

---

<sup>125</sup> Kandinsky (1952)

### 3. Kopplung auditiver und visueller Wahrnehmung

Dieses Kapitel behandelt vor allem die von Haverkamp (2004) vorgeschlagene Verknüpfungshierarchie von auditiven und visuellen Reizen. Nach meinem Kenntnisstand ist das Modell von Haverkamp das momentan einzige Modell, das versucht, die gesamten Verknüpfungsmöglichkeiten der visuellen und auditiven Wahrnehmung in unterschiedlichen Ebenen systematisch zu erfassen und zu analysieren, aber auch ihre Parallelität zu beachten.

*„Die Analyse des vorhandenen Materials [z. B. wissenschaftliche Literatur] zeigt, dass systematische Verfahren zur Verbindung des auditiven mit dem visuellen Bereich nicht etwa bisher fehlen, weil es keine Verbindung zwischen beiden gibt, sondern weil gerade die Vielzahl der Verknüpfungsebenen ohne genaue Beachtung ihrer Parallelität Konzepte scheitern lässt, die auf zu starker Vereinfachung basieren.“<sup>126</sup>*

In mehreren Werken hat auch Cytowic<sup>127</sup> ein Schema vorgeschlagen, das die „Polymodale Assoziationen“ darstellt und das schon viele Erkenntnisse über die intermodale Kopplung auch in Bezug auf Anwendungen liefert. Abbildung 26 veranschaulicht Ebenen der möglichen synästhetischen Assoziationswege:

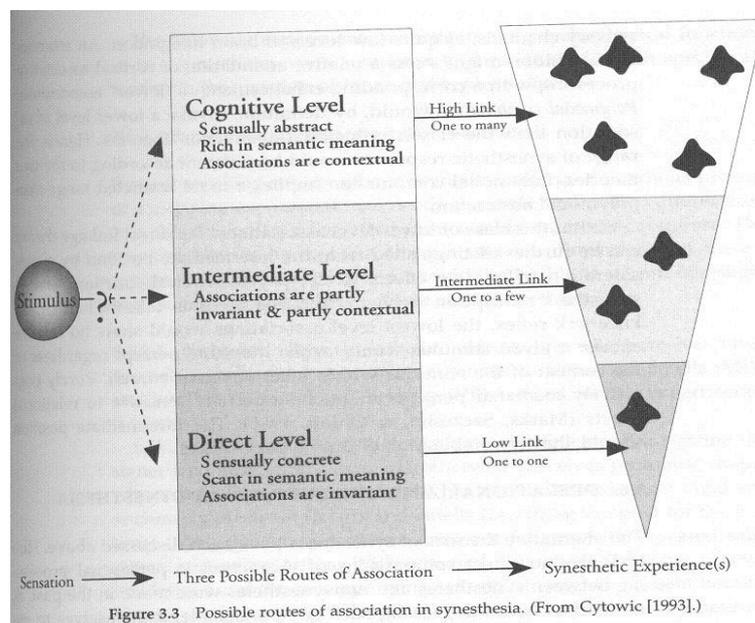


Abbildung 26 (Quelle: R. Cytowic [2002], S.83).

126 Haverkamp (2004), S.111

127 Cytowic (1993); Cytowic (2004)

Auf der tiefen direkten Ebene ist die Kombination von Stimulus und Reaktion invariant (z. B. Kniesehnenreflex). Es handelt sich um rein physische Funktionen, die keinerlei kognitive Bedeutung haben.<sup>128</sup> Auf der 3. „kognitiven“ Ebene der höchsten Stufe der abstrakten Hirntätigkeit muss sich die Sprache als höchste kreuzmodale Assoziation befinden, weit weg von den unbewussten Reaktionen der 1. Ebene. Die metaphorische Synästhesie (Pseudosynästhesie) befindet sich mehr auf der kognitiven Ebene, hingegen spielt sich die echte Synästhesie auf tieferen Ebenen ab, da diese unwillkürlich passiert, wenn auch nicht direkt auf der tiefsten Ebene, da synästhetische Reaktionen individuell verschieden sind. Die Verbindungsebene muss laut Cytowic dazwischen liegen, da Synästhesie einerseits etwas Konkretes (Sinnliches) ist und, würde sie sich auf der abstrakten kognitiven Ebene abspielen, müsste sie reich an semantischer Bedeutung sein und ihre sinnlichen Eigenschaften verloren haben.<sup>129</sup> Die verbale Beschreibung von Geräuschphänomenen beruht daher auf einem „Umweg“ der Informationsverarbeitung (mehr darüber im 4. Kapitel).

Haverkamp (2004) hat eine Reihe von Verknüpfungsebenen vorgeschlagen, die von spontan ablaufenden und unbeeinflussbaren Synästhesien (echte Synästhesie) bis hin zu bewussten Bild-Ton-Verknüpfungen nach mathematischen und physikalischen Prinzipien reicht. Abbildung 27 zeigt Strategien inter-modaler Verknüpfung am Beispiel visueller Wahrnehmung/Vorstellung aufgrund auditiver Stimulierung:

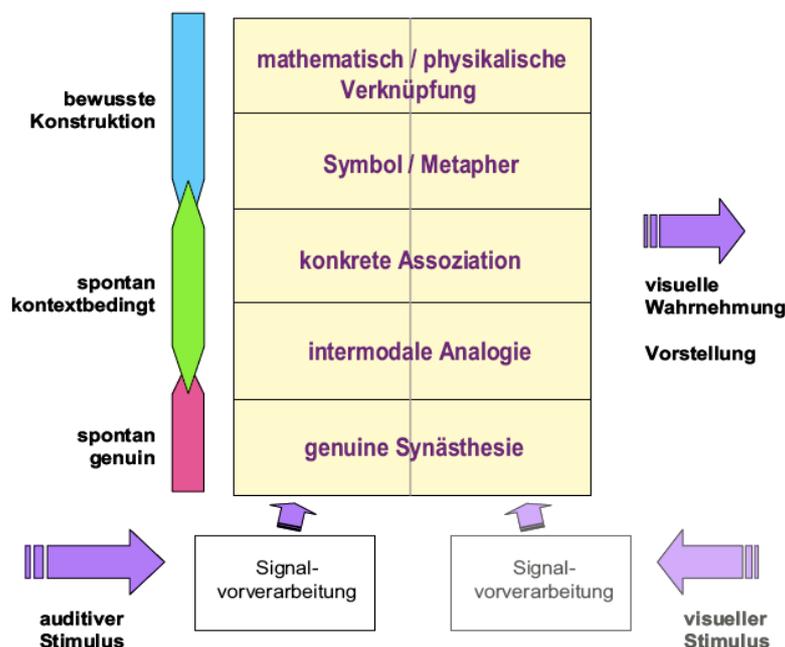


Abbildung 27 (Quelle: Haverkamp [2006]: Beurteilung und Gestaltung von Geräuschen auf Basis intermodaler Analogien).

<sup>128</sup> Flecker (1997), S.89  
<sup>129</sup> Ebd., S.90

### 3.1 Spezielle Phänomene: Genuine Synästhesie

Wie ich in der Geschichte der Synästhesieforschung schon erwähnt habe, wurde der Begriff Synästhesie in der Geschichte oft als Schlagwort für viele verschiedene Formen der Vermischung der Sinne verwendet. In diesem Verknüpfungsschema ist als unterste Ebene aber die genuine Synästhesie gemeint, wie sie Cytowic definiert hat (Synästhesie sensu Cytowic) und betrifft somit nur relativ wenige Personen (siehe Kapitel 1, Häufigkeit). Gerade deshalb stößt sie laut Haverkamp bei Wahrnehmungspsychologen und Gehirnforschern auf großes Interesse.<sup>130</sup> Da allgemein gültige Ergebnisse im Rahmen dieses Forschungsbereiches womöglich nicht zu erwarten sind, ist die Bedeutung der genuinen Synästhesie für das multi-sensorielle Design (synästhetisches Design) zur Zeit gering.<sup>131</sup> Für Haverkamp ist diese Forschung jedoch von großer Bedeutung, denn womöglich geben diese Phänomene Auskunft über elementare Grundformen der Wahrnehmung (auch endogene Bildmuster genannt), die offenbar während der Gestaltwahrnehmung (oder beim Aufbau komplexer Bilder) miteinander verknüpft werden, ohne dass diese Formen jedoch selbst ins Bewusstsein treten. Unter dieser Annahme, dass jeder Wahrnehmungsvorgang die Verknüpfung einfacher Muster beinhaltet, können Beschreibungen synästhetischer Wahrnehmung (Photismen, Phosphene, aber auch Synopsie, siehe 3.2) dazu dienen, für jeden Sinnesbereich Sätze elementarer Formen als Grundlage synästhetischen Designs zusammenzustellen.<sup>132</sup> Diese Muster sollten daher auch in Hörversuchen zur Verknüpfung beider Sinnesgebiete integriert werden.<sup>133</sup> Weil eine solche Verknüpfung der Mustererkennung auditiver und visueller Attribute die elementarste Ebene der Verbindung beider Bereiche darstellt, wird womöglich auch beim Kunden die Entscheidung für ein Produkt bereits auf dieser Ebene vorbereitet.<sup>134</sup>

### 3.2 Photismen, Phosphene, Formkonstanten

Klüver hat schon in den 20er Jahren in Chicago Versuche hinsichtlich dieser Formkonstanten (wie er sie nannte) gemacht. Erst später durch Cytowic, Mardi Jon Horowitz hat man herausgefunden, dass sie auch bei Synästhesiewahrnehmungen auftraten. Photismen können als im Raum ruhende oder bewegte zwei- oder dreidimensionale Gebilde erscheinen. In Fällen, in denen diese Formen als leuchtende Strukturen in Erscheinung treten, werden sie als Phosphene bezeichnet.<sup>135</sup> Klüver hat 4 Gruppen (Grundtypen) von Formkonstanten ermittelt, die auch von Cytowic übernommen wurden: 1. Gitter und Waben, 2. Spinnweben, 3. Tunnel und Kegel, 4. Spiralen. Hier ein Beispiel für Grundformen visueller Wahrnehmung (endogene Bildmuster), zur Verdeutlichung des Phosphencharakters in der Helligkeit invertiert:

---

<sup>130</sup> Vgl. Robertson, Sagiv (2005), zit. n. Artikel von Haverkamp (2007) Audio-Branding, S. 231

<sup>131</sup>

Vgl. Haverkamp (2006), S.3

<sup>132</sup> Haverkamp (2007) Audio Branding, S. 230

<sup>133</sup> Haverkamp (2005), S.9

<sup>134</sup> Ebd., S.7

<sup>135</sup> Ebd.

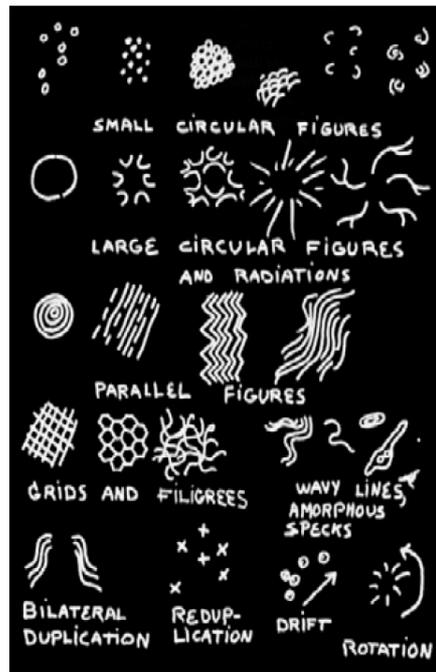


Abbildung 27: Grundformen visueller Wahrnehmung (Quelle: Horowitz [1970]).

In Cytowic (1996) und Cytowic (2002) sind ebenfalls Grundformen nach Klüver aufgeführt. Abbildung 28 (links) zeigt die Formkonstante „Tunnel“ mit einem explodierenden hellen Lichtfleck, der zur Peripherie hin ausstrahlt. Die Farben können wechseln, und es kann zu Rotation oder anderen Bewegungen kommen. Abbildung 29 (rechts) zeigt eine Kombination der Formkonstanten „Tunnel“ und „Spirale“ einschließlich Rotation und Pulsieren. Dieses Bild wurde von einer Versuchsperson mit drogeninduzierter Halluzination gezeichnet.

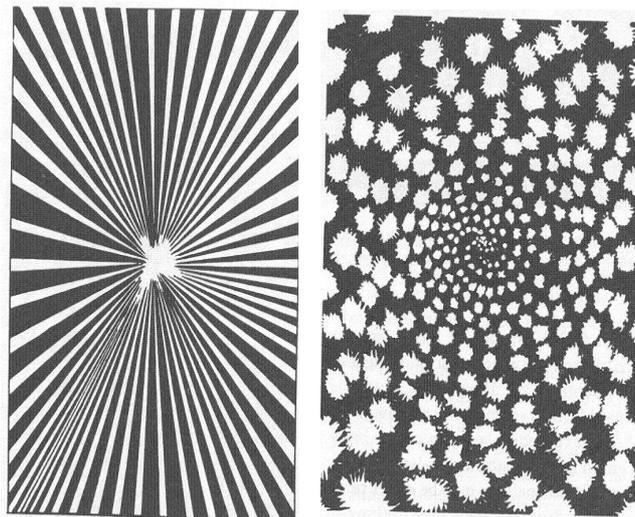


Abbildung 28 u. 29 Grundform "Tunnel" visueller Wahrnehmung (Quelle: Cytowic [2002], S. 165).<sup>136</sup>

### 3.3 Synopsie

Außer den vielen individuellen Farbzuoordnungen von Musikern aus Kapitel 2, hier noch einige Zuordnungen aus der wissenschaftlichen Literatur. Als Beispiel einer Farbzuoordnung zur musikalischen Tonhöhe einer blinden Versuchsperson nach Anschütz (1927) Abbildung 29 und in Abbildung 30 Vokalphotismen dreier Schwestern nach dem schwedischen Alphabet nach Klinckowström (1891):

E	Weiß	F	Rot	Fis	Braun
G	Graugrün	As	Rot-orange	A	Gelb
B	Schwarz	H	Rosa	C	Hellblau
Cis	Graugrün	D	Orange	Es	Schwarz

Abbildung 29: Farbzuoordnung zur Tonhöhe einer blinden Person (Quelle: Haverkamp [2005]).

Vokal	I. 22 J.	II. 19 J.	III. 17 J.
a	Weiß	Weiß	Weiß
e	Grau (hell)	Gelb (hell)	Orange
i	Gelb	Rot	Gelb (hell)
o	Havannabraun	Schwarz	Grau
u	Dunkelbraun	Braun	Braun
y	unbeschreiblich	-	-
å	Hellrot	-	Blaugrau
ä	Lila	-	Rosa
ö	Dunkelblau	-	Grün

Abbildung 30: Vokalphotismen dreier Schwestern (Quelle: Haverkamp [2005], zit. n. Mahling [1927])

Die absolute Kopplung von Farbwahrnehmungen an bestimmte Töne oder Geräuschattribute bei einem Farbhörer ist vergleichbar mit der Fähigkeit des absoluten musikalischen Gehörs, den wahrgenommenen Tonfrequenzen eine absolute Höhe zuzuordnen.<sup>137</sup> Allerdings kann laut Haverkamp auch die feste Kopplung an Zahlen und Buchstaben als Indiz für den engen Zusammenhang dieser Phänomene mit Prozessen der Mustererkennung gewertet werden.<sup>138</sup>

### 3.4 Allgemeine Phänomene: Intermodale Analogie

Von größerer Bedeutung für die Ableitung allgemeingültiger Gesetzmäßigkeiten sind die intermodalen Analogien, denn im Gegensatz zu genuiner Synästhesie sind alle Menschen in der Lage Analogien zu bilden, auch intuitiv im Rahmen der Wahrnehmungsprozesse. Intermodale Analogien sind im Gegensatz zur genuinen Synästhesie stark vom Kontext abhängig. So wird die Beschreibung eines Geräusches durch das Attribut Helligkeit (z. B. durch das Licht im Versuchsraum oder die Helligkeit eines wahrgenommenen Versuchsobjektes oder das Sonnenlicht vor

<sup>137</sup> Haverkamp (2005), S.6

<sup>138</sup> Haverkamp (2005), S.7

Betreten des Laborgebäudes etc.) mitbestimmt. Die Untersuchung erfordert also eine sorgfältige Einstellung der Versuchsumgebung und dennoch sind Ergebnisse zu erwarten, die allgemeingültige Aussagen zulassen und nach statistischer Auswertung eindeutige Tendenzen erkennen lassen.<sup>139</sup> Zusammenfassend trifft Behne (1992), zit. n. Haverkamp (2005) folgende Unterscheidungen zwischen der unwillkürlichen Synästhesie (sensu Cytowic) und der intermodalen Analogie:

<b>Synästhesie:</b>	<b>Intermodale Analogie:</b>
reizbedingt	fragebedingt
nicht überprüfbar (in größeren Stichproben)	überprüfbar in gr. Stichproben
intrapersonale Varianz sehr klein	intrapersonale Varianz klein bis mittelgroß
interpersonale Varianz groß	interpersonale Varianz klein bis mittelgroß
absolute Zuordnung	relative Zuordnung
kontextunabhängig	kontextabhängig
passiv	aktiv
selten	häufig
(noch) nicht erklärbar	(weitgehend) erklärbar
linkshemisphärisch	rechtshemisphärisch <sup>140</sup>

Man unterscheidet modale und amodale Sinnesqualitäten. Modale treten exklusiv für einen Sinn auf (z. B. Tonhöhe für den Gehörsinn), amodale sind über mehrere Sinne wahrzunehmen (z. B. Intensität).<sup>141</sup> In Bezug auf Anwendungen wie dem multisensuellen Design sind die amodalen für die Wahrnehmung viel wichtiger. Werner (1966) führt als intersensorielle Eigenschaften Attribute an, mit denen eine Charakterisierung der Wahrnehmung in jedem Sinnesbereich möglich ist: Intensität, Helligkeit, Volumen, Dichte, Rauheit:

---

<sup>139</sup> Ebd., S.10

<sup>140</sup> Ebd., S.10

<sup>141</sup> Daurer (2006), S.29

amodale Eigenschaft	auditiv	visuell
Intensität	Lautheit	Größe
Helligkeit	Lautheit, Brillanz/ Silbrigkeit	Helligkeit
Volumen	Klangfülle Frequenzumfang	Ausleuchtung des Raumes
Dichte	Klangfülle (ein- bis viel-tönig)	Sättigung (ein- bis vielfärbig?)
Rauheit	Dissonanz, Schwebungen	Körnung, Flimmern

Abbildung 31 (Quelle: Daurer [2006], S.29 in Anlehnung an Haverkamp [2005], S.10f.).

1957 hat Stevens in Bezug auf sein Potenzgesetz (Power Law), eines der grundlegenden Gesetze der Psychophysik, eine experimentelle Zuordnung namens Cross-Modality-Matching, erstellt. In diesem Experiment passen die Versuchspersonen den Stimulus einer Modalität „S“ (z. B. akustisch) an den Stimulus einer anderen Modalität „T“ (z. B. Helligkeit) hinsichtlich der subjektiven Intensität an.

$$R = c(S - S_0)^\alpha \text{ Potenzgesetz nach Stevens (Power Law)}^{142}$$

$S$  = Reizstärke

$S_0$  Schwellenwert,  $S > S_0$

$R$  = Empfindungsstärke

$C$  = Konstante

$\alpha$  = Konstante

In einer doppelt logarithmischen Darstellung ergibt das Stevensche Gesetz eine Gerade mit der Steigung des Exponenten  $\alpha$ .

Eine Reihe von empirischen Untersuchungen wurden unternommen und somit ein experimenteller Zusammenhang zwischen den Reizgrößen unterschiedlicher Modalitäten ermittelt. Diese Befunde bestätigen einerseits die Validität des Potenzgesetzes, andererseits ist das Cross-Modality Matching nach meinem Wissenstand auch der erste Versuch, die intermodale Analogie mathematisch zu ermitteln:

Modalität 1: psychophysische Funktion:

$$f_1(S) = c_1 S^\alpha$$

Modalität 2: psychophysische Funktion:

$$f_2(T) = c_2 T^\beta$$

Wenn T und S subjektiv gleich erscheinen, gilt:

---

142 Laback (2006)

$$f_1(T) = f_2(T)$$

Einsetzen der psychophysischen Funktion ergibt:

$$c_1 S^\alpha = c_2 T^\beta$$

$$S^\alpha = \frac{c_2}{c_1} T^\beta$$

$$S = \left( \frac{c_2}{c_1} \right)^{\frac{1}{\alpha}} T^{\frac{\beta}{\alpha}}$$

Daher muss S als Potenzfunktion von T darstellbar sein und vice versa:

Durch Logarithmierung erhält man eine lineare Beziehung:

$$\ln S = \frac{\beta}{\alpha} \ln T + c$$

Mit  $\alpha$  und  $\beta$  kann der Anstieg der Geraden vorhergesagt werden.<sup>143</sup>

Abbildung 31 zeigt das Cross-Modality-Matching nach Stanley Smith Stevens, das Ergebnis von Versuchen zur Zuordnung taktiler, visueller, propriozeptiver (durch Muskelrezeptoren gegebener) und auditiver Reize zum Schalldruckpegel eines Sinustons:

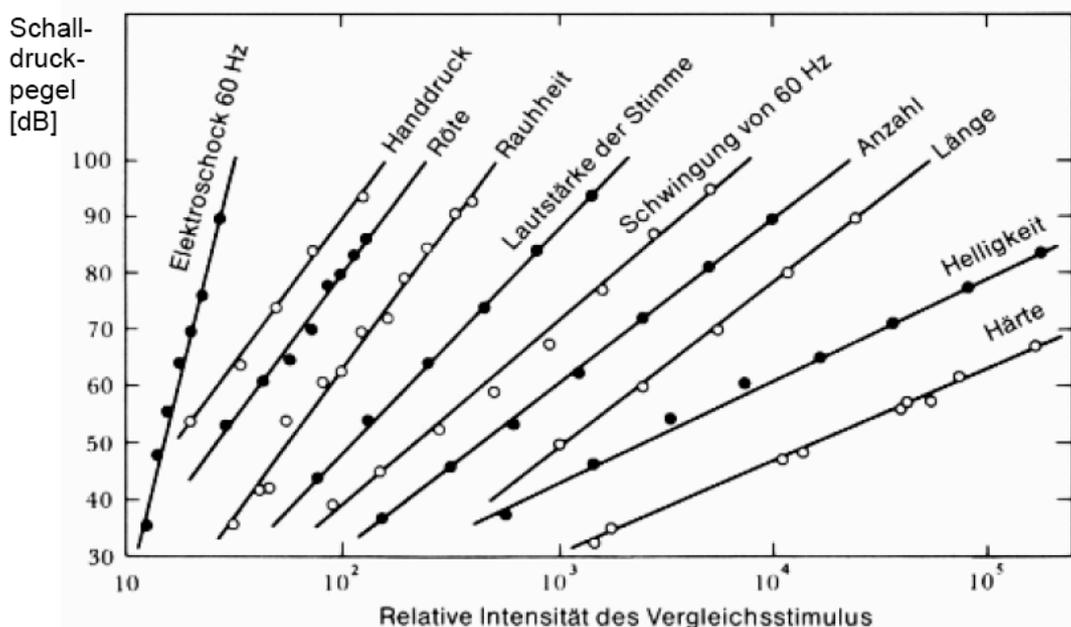


Abbildung 31 (Quelle: Stanley Smith Stevens, zit. n. Lindsay und Norman [1981] aus Haverkamp [2005]).

<sup>143</sup> Laback (2006)

Für die Validität des Potenzgesetzes gilt das Cross-Modality-Matching als erstes Argument. Ein anderes Argument sind die Mittelungsaufgaben von Versuchspersonen, das subjektive Mittel zweier gegebener Reizstärken zu bestimmen. Dieses subjektive Mittel ist nach den Experimenten größer als das vom Fechner-Weber-Gesetz berechnete geometrische Mittel. Dies spricht für das Potenzgesetz, denn nach geeigneter Wahl von  $\alpha$  ergibt dieses einen höheren Wert für den subjektiven mittleren Reiz.<sup>144</sup>

*„In allen untersuchten Fällen ergibt sich ein annähernd exponentieller Zusammenhang, der bei doppelt logarithmischer Darstellung zu Geraden führt. Ein solches Cross-Modality-Matching bietet somit die Möglichkeit, Wahrnehmungen verschiedener Sinnesbereiche über einfache mathematische Funktionen zu verknüpfen.“<sup>145</sup>*

Albert Wellek hat nach experimenteller Überprüfung eine Liste von sechs Zuordnungen aufgestellt, die für alle Völker und zu allen Zeiten nachvollziehbar sind. Er bezeichnet diese intermodale Analogien als „Ursynästhesien“:<sup>146</sup>

1a	dünn – dick	hoch – tief (vom Tone)
1b	scharf (spitz) – (stumpf) schwer	hoch – tief (vom Tone)
2	schnell, beweglich (leicht) – langsam, schwerfällig (schwer)	hoch – tief
3a	hoch – tief (im Raume)	hoch – tief
	auf (Steigen) – ab (Fallen)	höher – tiefer
3b	Linie Horizontale Wellenlinie	Tonfolge Tondauer Triller (oder Bebung)
4a	klar - trüb	hoch - tief
4b	grell (leuchtend), satt - blass (grau), matt	stark - schwach
5a	hell (weiß) – dunkel (schwarz)	hoch – tief
5b	warm – kalt (auch von den Farben)	hoch – tief
6	vielfarbig (bunt) - einfarbig (unbunt)	klangvoll – eintönig

Abbildung 32 (Quelle: Wellek [1927], zit. n. Daurer [2005], S.32).

Auch die westliche Notenschrift ist eine intermodale Analogie zwischen Tonfrequenz und räumlicher Höhe (siehe: Tabelle: hoch-tief Analogie) und gilt als „Ursynästhesie“.<sup>147</sup> Diese grundlegenden und allgemein verbreiteten intermodalen Analogien müssen bei der Geräuschbeurteilung oder Hörversuchen deshalb berücksichtigt werden.

<sup>144</sup> Siehe Laback (2006)

<sup>145</sup> Haverkamp (2005), S.12.

<sup>146</sup> Wellek (1927), zit. n. Jewanski (1999), entnommen aus Daurer (2006), S.31

<sup>147</sup> Haverkamp (2005), S.12

### 3.5 Konkrete Assoziation (ikonische Verknüpfung)<sup>148</sup>

Mit dem Begriff „konkrete Assoziation“ (konkret = um auf die konkret-dingliche dieser Verknüpfung hinzuweisen – s. a. konkrete Poesie, musique concrete)<sup>149</sup> bezeichnet Haverkamp Verbindungen, die aufgrund einer Identifikation von Objekten entstehen. Zum Beispiel wird das Fahrgeräusch eines Automobils mit dessen visueller Erscheinung assoziiert, sofern beides bekannt ist.<sup>150</sup> Es muss also vorausgesetzt sein, dass die Zuordnung früher gelernt wurde, in der Regel bei gleichzeitig vorhandener auditiver und visueller Wahrnehmung und auch in der aktuellen Situation daran erinnert wird.<sup>151</sup> Wilhelm Voss bezeichnete 1930 im Zuge von Untersuchungen bei Erblindeten diese konkreten Assoziationen als „Dingwahrnehmung“, Barbara Flückiger klassifiziert sie in ihrem Buch „Sound Design, die virtuelle Welt des Films“ als Semantik erster Ordnung im Unterschied zu Metaphern oder Symbolen (Ebene Metapher/Symbol) die Semantik höherer Ordnung sind.<sup>152</sup>

Weitere Beispiele: Glockenklang führt zur visuellen Erscheinung einer Glocke<sup>153</sup>, einem Fahrzeuggeräusch wird eine bestimmte Fahrsituation zugeordnet und diese spontan visualisiert<sup>154</sup>, das bekannte Geräusch des Blinkerrelais wird elektronisch nachgebildet und per Lautsprecher abgestrahlt.<sup>155</sup>

### 3.6.Symbol und Metapher

Auf der nächsthöheren Ebene der Verknüpfung stehen die synästhetischen Umschreibungen als Metapher, die laut Synästhesieforschung auch Pseudosynästhesie oder „metaphorische Synästhesie“ genannt werden, um sie von der viel tieferen Ebene der genuinen Synästhesie zu unterscheiden (auch im Schema von Cytowic zu erkennen, siehe oben). In der Literatur des 19. Jh., insbesondere der Lyrik, war die Metapher ein wichtiges Element.<sup>156</sup> Solche synästhetischen Umschreibungen als Metapher sind allgemein verständlich und setzen beim Leser nicht die Fähigkeit einer synästhetischen Wahrnehmung voraus. Deshalb sollen diese „intermodale Verbalisierungen“ auch bei Hörversuchen angegeben werden.<sup>157</sup> (siehe Kapitel 4, Anwendungen, Hörversuche).

Intermodale Verknüpfungen können auch unter Bezug auf den symbolischen Gehalt von Wahrnehmungsereignissen gebildet werden.<sup>158</sup> So können verschiedene auditive und visuelle Alarmsignale einander zugeordnet werden, auch wenn diese bisher nicht zusammen wahrgenommen wurden. Die Symbolik (z. B. Farbsymbolik), die

---

148 Haverkamp (2007) Audiobranding, S.233

149 Ebd.

150 Haverkamp(2006), S.3

151 Ebd.

152 Ebd.

153 Haverkamp (2005), S.14

154 Ebd.

155 Haverkamp (2006), S.3

156 Schrader (1969); Wanner-Meyer (1998), zit. n. Haverkamp (2003, engl.)

157 Haverkamp (2005), S.19

158 Haverkamp (2006), S.3

umgangssprachlich und in allen Bereichen des täglichen Lebens von Bedeutung ist, soll auch Grundlage der Verbalisierung (in psychoakustischen Versuchen) von Geräuschphänomenen sein. Jedoch setzt das Erfassen des symbolischen Gehaltes die Kenntnis der Bedeutung voraus (Semantik höherer Ordnung). Allgemein verstandene Symbole sind allerdings abhängig vom kulturellen Umfeld, unterliegen großen zeitlichen und kulturellen Abweichungen.<sup>159</sup> So gilt z. B. in verschiedenen Kulturen weiß als Farbe der Trauer, während in Europa in früheren Jahrhunderten die Heirat in schwarz üblich war.<sup>160</sup> Die allgemein verstandenen Symbole unterliegen auch kurzfristigen „Umwertungen“ (z. B. wenn sportliches Fahren mit der Farbe rot populärer Rennfahrzeuge verknüpft wird, während rot im Alltagsverkehr „Stop“ und Verbote symbolisiert). Gesetzliche Regelungen können dem Wechsel entgegenwirken und zu einer längerfristigen Konstanz der Zuordnung beitragen. Die Symbolik sollte im Design also nur ausgenutzt werden, wenn die Kenntnis der Symbolik beim Kunden eindeutig ist.<sup>161</sup> Gewünschte „Umwertungen“ kann man z. B. durch feine Farbnuancen erleichtern.<sup>162</sup> Haverkamp hat eine Liste von Farben mit den jeweiligen symbolischen Bedeutungen erstellt, auch unzählige andere Literaturquellen haben sich mit diesem Thema beschäftigt: Frieling (1968), Küppers (1989), um nur einige zu nennen. In der Akustik ist ein Rückgriff auf bekannte „Geräuschsymbolik“ immer ein Beispiel für eine Verknüpfung nach der Ebene „Symbolik“: z. B. das Einsetzen des aus Passagierflugzeugen bekannten glockenartigen Signals bei einem Fahrer-Informationssystem.<sup>163</sup>

Die Ebene „konkrete Assoziation“ (ikonische Verknüpfung) und die symbolische Ebene sind eng miteinander verkoppelt, wie Haverkamp in einem Beispiel deutlich macht: Gesprochene Sprache wird von einer dem Hörer unbekannt Sprache wahrgenommen. Falls ein Sprachverständnis vorhanden ist, ist eine Identifikation der Quelle möglich (ikonische Repräsentation), aber ohne Entschlüsselung der Sprachbedeutung, die die Symbolebene darstellt (Dechiffrierung des semantischen Gehaltes).

### 3.7 Bewusste Verknüpfung nach mathematischen oder physikalischen Analogien

In der multimedialen Kunst wurde oft versucht, physikalische Eigenschaften von sichtbarem Licht und hörbarem Schall durch Anwendung komplexer Algorithmen miteinander in Beziehung zu setzen. „Electronic Opera No.1“ (1965), „TV-Cello“ (1971), „KubaTV“, „Paik/Abe Videosynthesizer (1969-1971) von Paik oder „Violin Power“ (1970-78) von Steina (Vasulka) oder heutige audiovisuelle Interfaces wie der „Windows Media Player“<sup>164</sup> wären Beispiele für eine solche Verknüpfung, andere sind in Weibel (1987) oder in Jewanski (1999) angegeben. Haverkamp schreibt, dass diese Verknüpfung *„in der Regel nicht zu Ergebnissen [führt], die der Wahrnehmung unmittelbar zugänglich ist“*<sup>165</sup> und gibt folgende physikalische Unterschiede an:<sup>166</sup>

---

<sup>159</sup> Haverkamp (2005), S.16; Gage (1999), zit. n. Haverkamp

<sup>160</sup> Haverkamp (2005), S.16

<sup>161</sup> Haverkamp (2006), S.4

<sup>162</sup> Vgl. Haverkamp (2005), S.16

<sup>163</sup> Haverkamp (2006), S.4

<sup>164</sup> Haverkamp (2007) Audiobranding, S.234

<sup>165</sup> Haverkamp (2006), S.4

	<u>auditiv</u>	<u>visuell</u>
Frequenzbereich:	16-16000 Hz	390-790 Thz
Wellenlänge:	20-0,02 m	780-380 nm
Anzahl Oktaven:	10	<1
räumliche Auflösung	gering	hoch
spektrale Auflösung	hoch	sehr gering

Das Zusammenfassen eines Lichtspektrums führt immer zu einer singulären Wahrnehmung, allerdings kann ein komplexes Schallspektrum zur Wahrnehmung mehrerer Grundtöne, verschiedener Klangfarben oder anderer Interaktionen führen.<sup>167</sup> Zu Recht (so glaubt Haverkamp) wurde diese in einem künstlerischen Rahmen genutzte „bewusste Verknüpfung“ als Synästhetik bezeichnet, um diese von der unwillkürlichen genuinen Synästhesie zu unterscheiden.<sup>168</sup>

Die Bezeichnungen „Weißes Rauschen“, „Rosa Rauschen“, oder „Rotes (Braunes) Rauschen“ in der Tontechnik basieren auf einer physikalischen Analogie der spektralen Verteilung von Schall- und Lichtwellen und sind Beispiele für eine im Alltag oft verwendete, in dem Sinne auch „erfolgreiche“ bewusste Verknüpfung nach physikalischen Eigenschaften, denn diese Verbindungen sind nur physikalisch begründet und nicht unmittelbar wahrnehmbar.<sup>169</sup>

### 3.8 Parallelverarbeitung

Das Modell von Haverkamp erfordert die Parallelverarbeitung für ein eingehendes Verständnis der Verknüpfung verschiedener Sinnesattribute (Modalitäten), besonders in Bezug auf die Erfassung von „Wahrnehmungsobjekten.“ Dies bedeutet, dass Verknüpfungen auf mehreren Ebenen zeitgleich ablaufen. Parallelverarbeitung gilt als ein beherrschendes Prinzip der Signalverarbeitung im Wahrnehmungssystem.<sup>170</sup> Dies gilt auf dem niedrigsten neuronalen Niveau („*interactions of single neurons with inhibitions and amplifications*“<sup>171</sup>) ebenso wie für die Bereiche der kognitiven und emotionalen Verarbeitung („*binding activity of complete cortical domains*“<sup>172</sup>). Die Ergebnisse sind aber zunächst voneinander unabhängig, wie dies auch der täglichen Erfahrung entspricht: z. B. löst ein musikalisches Motiv eine Assoziation (z. B. „Dorffest“, „Blitz“) aus und ein zum Klang korrelierter Helligkeitswert wird zugeordnet. Gleichzeitig kann die musikalische Struktur analytisch betrachtet

<sup>166</sup> Tabelle nach Haverkamp (2005), S.15

<sup>167</sup> Haverkamp (2005), S.15

<sup>168</sup> Filk et al. (2004), zit. n. Haverkamp (2006) Audiobranding, S.230

<sup>169</sup> Vgl. Haverkamp (2006), S.8

<sup>170</sup> Christoph von Camphausen (1993), zit. n. Haverkamp (2006), S.5

<sup>171</sup> Haverkamp (2007)

<sup>172</sup> Haverkamp (2007)

werden.<sup>173</sup> Das Modell wird in Abbildung 33 veranschaulicht:

*„Die drei Dimensionen multi-sensorieller Integration. Die genuine Synästhesie, die intermodale Analogie und häufig auch die bewusste Verknüpfung beziehen sich auf einzelne Eigenschaften, die beispielhaft aufgeführt sind, während die Verknüpfungen auf der Symbolebene und über konkrete Assoziation auf identifizierte Objekte als Gesamtheit wahrgenommener Eigenschaften Bezug nehmen.“*

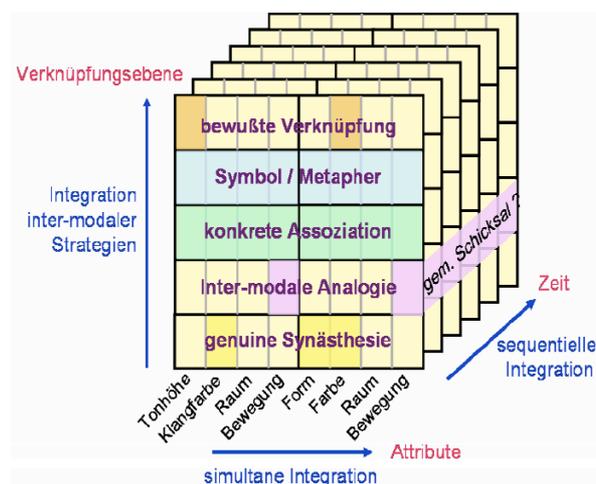


Abbildung 33: Parallelverarbeitung (Quelle: Haverkamp [2006], S.5).

### 3.9 Intermodale Integration

Damit eine abgeschlossene Gestaltwahrnehmung („Gestalt“ siehe Gestaltpsychologie) aus den ausgehenden Reizen eines physikalischen (realen) Objektes entsteht, müssen außer der Parallelverarbeitung verschiedener Ebenen (Integration der Verknüpfungsebenen) auch andere Integrationsprozesse vorgenommen werden. Nach Albert S. Bregman<sup>174</sup> unterscheidet man die zu einem bestimmten Zeitpunkt erfolgende „simultane Integration“ von der Bildung zeitlicher Strukturen durch „sequentielle Integration“. Bei der Wahrnehmung in der Akustik würde man unter der simultanen Integration die Zusammenfassung harmonischer Spektren zu einem Gesamtklang und unter sequentieller Integration die Zuordnung von aufeinanderfolgenden Tönen zu einer Melodie, die aber auch von einem zeitlichen Schwellwert bestimmt sind, verstehen (siehe auch Vor- oder Nachmaskierung).<sup>175</sup> In seiner Terminologie bezeichnet Haverkamp die „subjektiven Wahrnehmungen“ von physikalischen Objekten als „perceptual objects, Wahrnehmungsobjekte“. Ein Sinneskanal (sensory channel) wird als Modalität bezeichnet („modality“). In den meisten Fällen erzeugt ein physikalisches Objekt immer mehrere Stimuli und somit sind Wahrnehmungsobjekte auch meistens multisensuell. Eine subjektive Wahrnehmung eines physikalischen Objektes beruht also auf der sensuellen Hypothese, dass das erzeugte Wahrnehmungsobjekt mit der physikalischen Quelle

<sup>173</sup> Haverkamp (2006), S.5, Haverkamp (2007) in Audio Branding, S.234

<sup>174</sup> Bregman (1999)

<sup>175</sup> Vgl. Haverkamp (2007)

korreliert. Die subjektiven „Qualitäten“ eines Stimulus oder die qualitativen Aspekte eines Wahrnehmungsobjektes werden als „qualia“ bezeichnet und sind auch abhängig von der vergangenen und gespeicherten Erfahrung (Gedächtnis) oder dem externen Kontext. In einem ersten Schritt erfolgt eine Trennung von Reizen verschiedener Objekte (Segregation), anschließend werden die Reize einem einzelnen multisensuellen Wahrnehmungsobjekt zusammengeführt (Integration). Die von einem physikalischen Objekt ausgehenden Reize werden über die Sinnesorgane aufgenommen und generieren ein multi-sensuelles Wahrnehmungsobjekt, das im Gedächtnis gespeichert wird. Gespeicherte Objekte können auch über Reizung nur eines Sinneskanals aktiviert und ins Bewusstsein gerufen werden, wie in der folgenden Abbildung dargestellt wird:

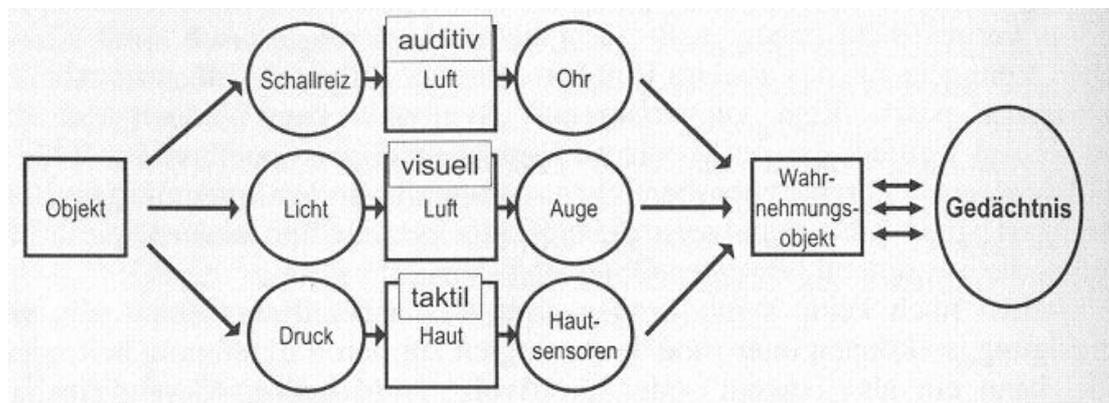


Abbildung 34: Intermodale Integration (Quelle: Haverkamp (2007) Audiobranding, S. 236).

Wahrnehmungsobjekte werden also nicht nur wahrgenommen, wenn Stimuli bestehen, sondern können auch aus dem Gedächtnis entnommen werden. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn Stimuli nur unvollständig vorhanden sind. Deshalb muss man bei der Analyse der Umgebung auch das Gedächtnis beachten.<sup>176</sup> Beim Integrationsprozess kann es zu einer Verschmelzung der Verknüpfungsergebnisse kommen, wobei im Falle von widersprüchlicher Information ein Gesamtergebnis gefunden werden muss.<sup>177</sup> Der McGurk-Effekt gilt als Beispiel dafür, dass bei widersprüchlicher Information aus der wahrgenommenen Lippenbewegung („ga“) und gehörtem Laut („ba“) ein Kompromiß gebildet wird („da“ wird wahrgenommen) d. h. eine akustisch wiedergegebene Silbe wird als klanglich modifiziert wahrgenommen.<sup>178</sup> Bei der inhibitorischen Integration bestimmen Ergebnisse der Verarbeitung eines Sinnesbereiches die Eigenschaften des Wahrnehmungsereignisses, während die widersprechende Information anderer Bereiche unberücksichtigt bleibt.<sup>179</sup> Der Bauchrednereffekt (Ventriloquismus) ist ein Indiz für die prinzipielle Dominanz des Visuellen zum Auditiven. Dies wird schon lange im Film ausgenutzt, denn auch dort vergißt der Mensch die Existenz von Lautsprechern und nimmt den Ursprung des akustischen Signals an einem visuellen Ort an der Leinwand wahr.

<sup>176</sup> Haverkamp (2007)

<sup>177</sup> Haverkamp (2006), S.6

<sup>178</sup> McGurk/MacDonald (1976); Vgl. Haverkamp (2006), S. 6, Vgl. Haverkamp (2007) Audiobranding, S.236

<sup>179</sup> Haverkamp (2006), S.7

Wahrnehmungsversuche haben allerdings auch gezeigt, dass im Falle undeutlicher visueller Signale wiederum die auditive Richtungsinformation bevorzugt wird.<sup>180</sup> Ein anderes Phänomen wurde von Morein-Zamir et al.<sup>181</sup> als „zeitlicher Bauchrednereffekt“ (temporal ventriloquism) bezeichnet, bei dem analog zum Bauchrednereffekt nicht die räumliche Position „korrigiert“ wird, sondern eine zeitliche Synchronisation stattfindet. Abbildung 35 zeigt folgendes: Akustische Reize können die Wahrnehmung visueller Reize beeinflussen. Die zeitliche Wahrnehmung visueller Reize wird bei gleichzeitiger Präsentation von akustischen Reizen von letzteren bestimmt. Bei zeitlichen Vorgängen dominiert der Gehörsinn dem Gesichtssinn.

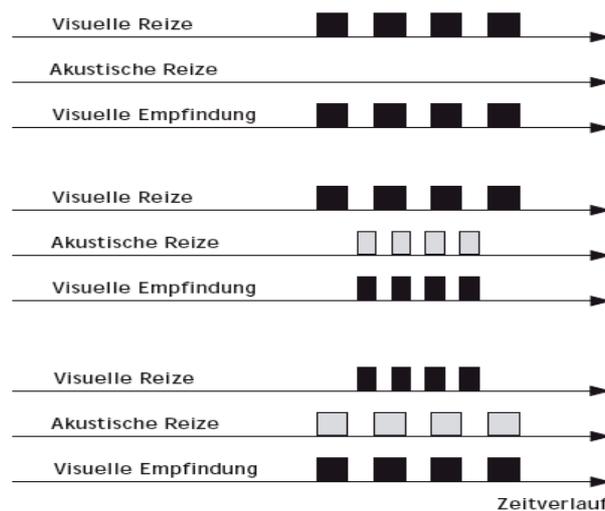


Abbildung 35: "Auditory capture of vision" (Quelle: Daurer [2006] S. 27).

Auch Shams et al. (2000) geben einen Versuch an, bei dem durch Kopplung eines Lichtblitzes mit mehreren Tonimpulsen fälschlicherweise mehrere Lichtblitze wahrgenommen werden. Man spricht im Englischen von "Auditory capture of vision".

Weichen die Sinnesreize zu stark voneinander ab, so kommt es zu einem Wahrnehmungskonflikt, der ins Bewusstsein dringt oder körperliche Reaktionen (negatives Empfinden, „Indisposition“, „cognitive dissonance“) auslöst. Ein Beispiel wäre die Seekrankheit als Wahrnehmungskonflikt zwischen dem Sehen und der Gleichgewichtsempfindung. Deshalb ist beim Design besonders auf eine Abstimmung der Sinnesempfindungen zu achten, um möglichst keine negativen Gefühle auszulösen. Allerdings führen diese Wahrnehmungskonflikte auch zu einer bewussten Aufmerksamkeit und werden deshalb in der Werbung (Fernsehen oder Printmedien) ausgenutzt.<sup>182</sup>

<sup>180</sup> Alais/Burr (2004), zit. n. Haverkamp (2006), S.7

<sup>181</sup> Vgl. Spence/Squire (2003), S. 520. zit. n. Daurer (2006), S.26

<sup>182</sup> Vgl. Haverkamp (2007) Auditoranding, S.236; Vgl. Haverkamp (2006), S.7; Haverkamp (2007)

### 3.10 Wahrnehmung einer komplexen Umgebung

In seiner Publikation „Essentials for description of cross-sensory interaction during perception of a complex environment“<sup>183</sup> hat Haverkamp ein Modell vorgeschlagen, wie das Wahrnehmungssystem bei der Analyse einer komplexen Umgebung vorgehen könnte. Diese Erkenntnisse sind wichtig für das Verständnis, wie der Mensch eine Gesamtbewertung der Umgebung erstellt und welche Attribute oder Wahrnehmungsobjekte sich auf diese Gesamtbewertung auswirken. Dieses kann bei Geräuschbewertungen oder für ein lückenloses optimal auf den Kunden abgestimmtes Produktdesign von äußerster Bedeutung sein. Eine komplexe sensorische Umgebung kann als ein multimodales Netzwerk verstanden werden:

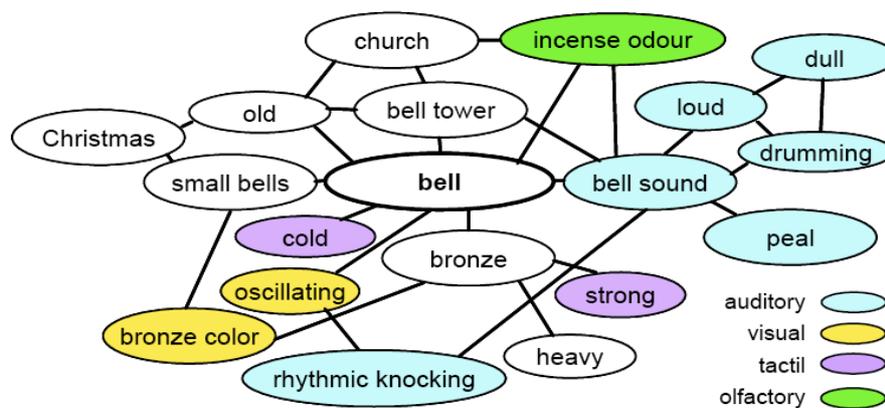


Fig. 2: Multi-modal network – Example: "bell"

Abbildung 36: Multimodales Netzwerk, Beispiel: „bell“ (Quelle: Haverkamp [2007]).

Wie man sieht, kann ein solches Netzwerk aus ikonischen (im Gedächtnis gespeichert) und symbolischen Elementen bestehen. Die Anzahl der Verknüpfungen hängt von der Erfahrung und von dem emotionalen Einfluss des Subjektes ab.

### 3.11 Verknüpfungsstrategien

#### 3.11.1 Vordergrund-Hintergrund Allokation

Bei der intuitiven Analyse einer Umgebung werden Wahrnehmungsobjekte nach „Wichtigkeit“, dem „Ablenken der Aufmerksamkeit“, aber auch nach den zeitlichen

183 Haverkamp (2007)

oder spektralen Eigenschaften in den Vordergrund oder Hintergrund gesetzt. Die Lästigkeit eines Wahrnehmungsobjektes z. B. in der Geräuschbeurteilung hängt wesentlich davon ab, ob das Wahrnehmungsobjekt als Vordergrund- oder Hintergrundwahrnehmungsobjekt geformt wurde. (Siehe Kapitel 4). Schafer spricht in dem Kontext auch von „Soundscape“. Ähnlich wie ein „Soundscape“ werden auch die Eigenschaften einer Landschaft durch wenige Elemente definiert, wie in Abbildung 36 ersichtlich. Die Szene ist in „Hintergrund“ (braune Linie) und „Vordergrund“ (schwarz) aufgeteilt. Eine Veränderung des Hintergrundes ändert sofort die „ambiance“. Eine Veränderung des Vordergrundes ändert die „ambiance“ aber kann auch den semantischen Kontext der Landschaft ändern (z. B. kulturelle Assoziierung).<sup>184</sup>

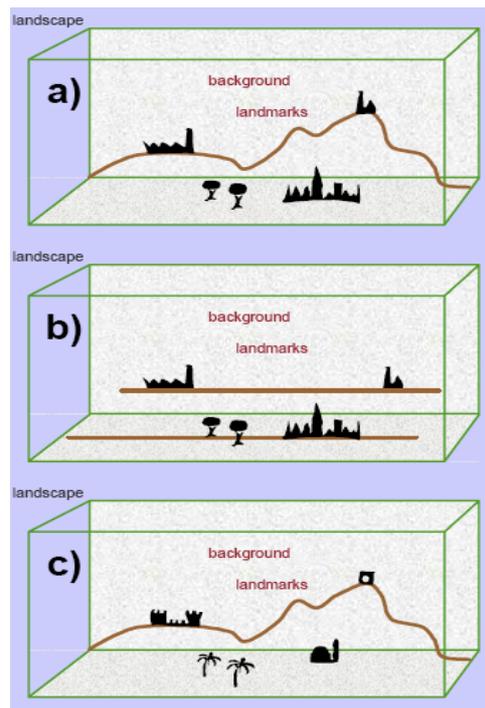


Abbildung 37: Veränderung der "ambiance" (Quelle: Haverkamp [2007] )

Die nun folgenden Verknüpfungen wurden in diesem Kapitel schon beschrieben, ich möchte sie hier als Verknüpfungsstrategie anführen:

### 3.11.2 Intermodale Analogie

Diese Analogie beschreibt die Fähigkeit des Wahrnehmungssystems, Korrelationen zwischen verschiedenen Attributen zu bilden, indem diese nach folgenden Eigenschaften analysiert werden:

- Generische Attribute (Intensität, Schärfe, Helligkeit,...)

<sup>184</sup> Schafer (1977), siehe aber auch "The World soundscape project" in <http://www.sfu.ca/~truax/wsp.html> (eingesehen am 15.9.2008)

- Bewegung (geradlinig, rotierend, unregelmäßig, ausdehnend,...)
- Körperwahrnehmung (angespannt, gelassen, schwebend fließend,...)
- Gefühl, Emotion (ruhig, nervös unruhig, wütend,...)

Korrelationen generischer Attribute werden in Stevens (1961) behandelt. Die Grafik zeigt Korrelation von intermodalen Analogien als Beispiel von visuellen und auditiven Wahrnehmungsattributen.

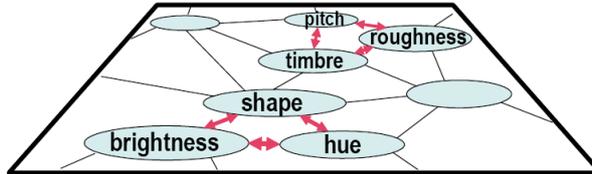


Abbildung 38: (Quelle: Haverkamp [2007]).

### 3.11.3 Ikonische Verknüpfung / Konkrete Assoziation

Bei dieser Strategie werden Wahrnehmungsobjekte einer Modalität zusammen verbunden z. B. nach visuellen und auditiven Attributen. Ein einzelner Stimulus kann auch ein multimodales Wahrnehmungsobjekt aus dem Gedächtnis hervorbringen: z. B. kann die Sirene eines Krankenwagens das Bild des blinkenden Lichtes und des ganzen Krankenwagens hervorbringen.

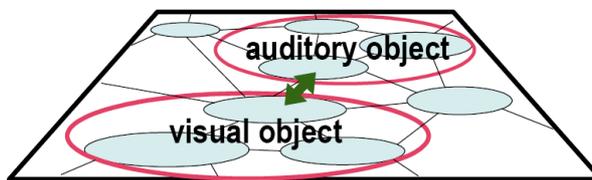


Abbildung 39: Ikonische Verknüpfung von Wahrnehmungsobjekte einer Modalität. (Quelle: Haverkamp [2007]).

### 3.11.4 Semantische Verbindung (symbolische Verknüpfung)

Ein einzelner Stimulus einer Modalität kann auch einen symbolischen (semantischen) Code besitzen und somit eine multisensuale Verknüpfung ermöglichen. Die symbolische Bedeutung ist abhängig von der Kultur und der Zeit.

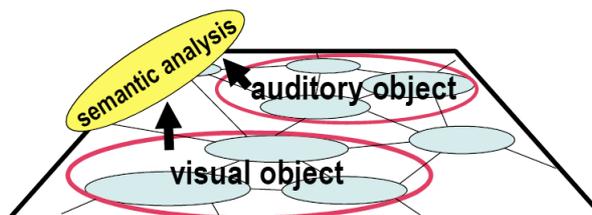


Abbildung 40: Verbindung von Wahrnehmungsobjekten durch semantische Analyse (Quelle : Haverkamp [2007]).

Zum Schluss wird der atmosphärische „Inhalt“ aller Wahrnehmungsobjekte interpretiert, widersprüchliche Informationen werden minimiert. Diese Widersprüche können z. B. Lokalisationsprobleme sein, hervorgerufen durch Soundreflexionen oder Lichtreflexionen und können z. B. durch Erkenntnisse der Psychoakustik (ITD, ILD, Echo threshold,...) gelöst werden.

Die Wahrnehmungsobjekte können je nach Art und Lage den spezifischen Charakter der Atmosphäre beeinflussen. Haverkamp (2004) zeigt, dass außer den drei Kästchen für die drei beschriebenen Verknüpfungen auch ein Kästchen für die (genuine) Synästhesie vorgesehen ist, falls das wahrnehmende Subjekt diese Fähigkeit auch besitzt. Diese Wahrnehmungsfähigkeit hat also auch auf die Gesamtbewertung einer Umgebung Einfluss. Deshalb müssen Personen mit synästhetischer Veranlagung im Sinne von Cytowic bei Hörversuchen gegebenenfalls gesondert untersucht werden<sup>185</sup> (siehe nächste Abbildung):

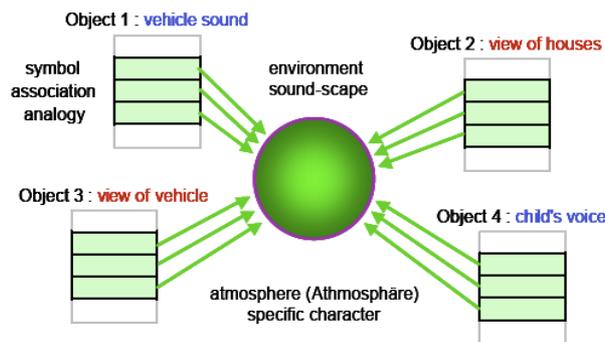


Abbildung 41: Einfluss der Wahrnehmungsobjekte auf das Soundscape (Quelle: Haverkamp [2004]).

<sup>185</sup> Vgl. Haverkamp (2005), S.22; Vgl. Haverkamp (2007)

## 4. Anwendungen in der Akustik

### 4.1. Optimale Visualisierung von Schallmessungen

In der Meßtechnik sowie in zahlreichen Soundbearbeitungsprogrammen oder auch bei Umgebungslärmkarten muss man auf eine visuelle Darstellung von Schallparametern zurückgreifen. Deshalb soll man versuchen, die Wahrnehmungsanalogien zu berücksichtigen, um dem Betrachter ein schnelles Verstehen unter Vermeidung von Missverständnissen zu ermöglichen.<sup>186</sup> Nach Recherche in der Kunst, insbesondere in der Farblichtmusik stellt Haverkamp fest, dass „eine künstlerisch wahre oder wenigstens optimale Zuordnung im Bereich der Farblichtmusik nicht gefunden wurde.“<sup>187</sup> Da synästhetische (genuine) Zuordnungen eine große interpersonale Varianz aufweisen, suchte man nach Gesetzmäßigkeiten in der intermodalen Analogie und stellte bei Überprüfungen mit großen Stichproben fest, dass derartige Gesetzmäßigkeiten kleine interpersonale Varianz aufweisen und sich deshalb für eine Zuordnung von Schall zu Farbskalen sehr gut eignen. Bekannt sind die Ergebnisse von Annelies Argelander, die ihre Versuchspersonen instruierte, zum dargebotenen Ton aus einer Farbtafel die passende Farbe zu wählen. Dabei konnte sie zeigen, dass es eindeutige Beziehungen zwischen hohen Tönen und hellen Farben, mittelhohen Tönen und mittelhellen Farben und tiefen Tönen und dunklen Farben gibt, egal ob man die Töne den Farben oder die Farben den Tönen zuordnet.<sup>188</sup> Anschütz hat in seinen Farben-Ton-Forschungen ebenfalls ein Gesetz formuliert, in dem die Möglichkeit der Zuordnung von Tönen mit steigender Tonhöhe zu Farben mit steigender Helligkeit (Schwarz, Blau, Rot, Grün, Gelb, Weiß) beschrieben wird.<sup>189</sup> Stevens (1975) unterscheidet vier mögliche psychophysikalische Mess-Skalen nach folgenden Eigenschaften:<sup>190</sup>

Differenz: Unterschied in bestimmter/n Eigenschaft/en

Größe: relative Größe einzelner Elemente

gleiche Intervalle: Differenzen zwischen benachbarten Elementen gleich groß

„echter“ Nullpunkt: bedeutet Absenz einer Eigenschaft (z.B. 0,- Euro)

Je nachdem, wie viele dieser Eigenschaften berücksichtigt werden, leiten sich daraus vier verschiedene mögliche Skalen ab:

---

<sup>186</sup> Vgl. Haverkamp (2005), S.20

<sup>187</sup> Haverkamp (2005), S.19

<sup>188</sup> Daurer (2005), S.30

<sup>189</sup> Daurer (2005), S.30; Vgl. Werner (1965), S.281

<sup>190</sup> Laback (2006), S.8f.

## 1. Nominalskala:

Differenz:	X
Größe:	
gleiche Intervalle:	
echter Nullpunkt:	

191

Werden Unterschiede der Helligkeit außer acht gelassen, so bilden die Farbtöne eine Nominalskala. Diese Zuordnungen (wie schon oben beschrieben) unterliegen starken individuellen Präferenzen (Synästhesie) und einer soziokulturellen Farbsymbolik.

## 2. Ordinalskala

Differenz:	X
Größe:	X
gleiche Intervalle:	
echter Nullpunkt:	

192

Folgende Ordinalskalen sind heute üblich:

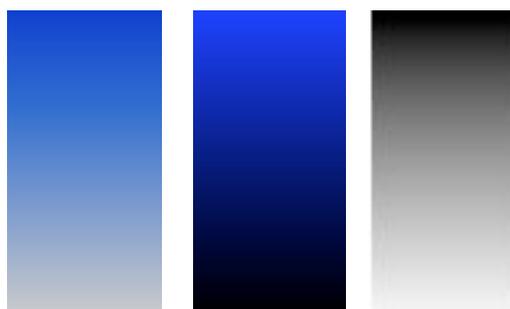


Abbildung 42: Ordinalskalen (Quelle: Vorlesungsfolien „Information Visualization“ Thorsten Büring [2007]).

Niedrige Farbsättigung zu hoher Farbsättigung (single hue): Ein Nachteil dieser Skala

---

191 Laback (2006)

192 Laback (2006)

sind die kleinen JND. Dunkel zu Hell (single hue).<sup>193</sup>

Eine andere Skala wäre die von „Rot-Grün“ auch mit Gelb als Ampel-Skala bekannt. Wobei die Farbe rot hohe und die Farbe grün niedrige Dezibelwerte anzeigt.<sup>194</sup> Es werden aber auch Farbskalen: Gelb-Blau, und Rot-Blau eingesetzt.

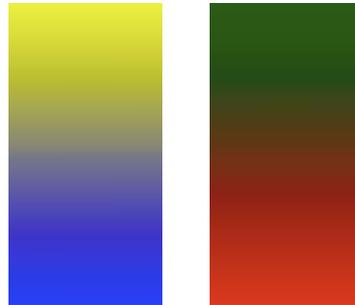


Abbildung 43: Ordinalskalen (Quelle: Vorlesungsfolien „Information Visualization“ Thorsten Buring [2007]).

Oft wird auch die sogenannte Regenbogenskala eingesetzt: diese entspricht allerdings einer „Physikalischen Verknüpfung“ (Haverkamp), da die Ordnung den Wellenlängen monochromatischen Lichtes entspricht. Somit ist diese Skala nicht als allgemeine Gesetzmäßigkeit zu betrachten, denn es ist nicht jedem ohne Vorkenntnisse möglich die Farben nach dieser Skala zu ordnen.



Abbildung 44: Regenbogenskala (Quelle: Vorlesungsfolien „Information Visualization“ Thorsten Buring [2007]).

### 3. Intervallskala:

Differenz:	X
Größe:	X
gleiche Intervalle:	X
echter Nullpunkt:	

---

<sup>193</sup> Vorlesungsfolien „Information Visualization“ Thorsten Buring (2007)

<sup>194</sup> Scharlach (2002), S.85

#### 4. Ratioskala (Verhältnisskala)

Differenz:	X
Größe:	X
gleiche Intervalle:	X
echter Nullpunkt:	X

Entspricht einer Intervallskala mit einem definierten Nullpunkt. Erlaubt die Angabe der gemessenen Werte als Verhältniswert z.B in der Dezibelskala. Die folgende Abbildung zeigt links eine „double-ended multiple hue“-Farbskala, rechts eine Farbskala nach charakteristischer Helligkeit:

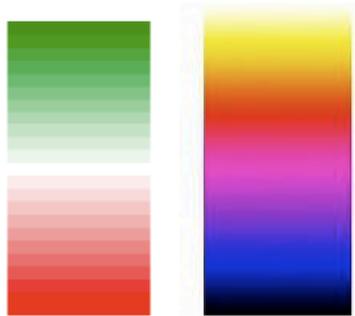


Abbildung 45: rechts: "double-ended multiple hue" links: nach charakteristischer Helligkeit  
Quelle: Vorlesungsfolien „Information Visualization“ Thorsten Büring (2007)

Bei der Skala „double-ended multiple hue“ gilt die Farbe weiß als Nullpunkt. Die Farbe grün wird ähnlich der Ampelskala für „positive“ Werte verwendet und die Farbe rot für „negative“ Werte.

Wie schon aus früheren Versuchen bekannt war, wird die Helligkeit als Ratioskala mit Nullpunkt (Dunkelheit) empfunden und ist wohl die einzige sinnstiftende Verknüpfung von Ton zu Farbwerten. Die Helligkeit bzw. Sättigung kann jedoch nicht für einen Farbton beliebig gewählt werden, es gibt vielmehr eine für jeden Farbton charakteristische Helligkeit.<sup>195</sup> Haverkamp schlägt eine Farbskala mit daran angepasster charakteristischer Helligkeit vor: z. B. hat gelb, weiß große Helligkeit, grün, rot mittlere, blau, braun und violett geringe Helligkeit. Diese Farbskala soll der Regenbogenskala vorgezogen werden da diese keine kontinuierlich zunehmende Helligkeit aufweist.

Eine andere intermodale Analogie ist die „allgemein-menschliche“ Zuordnung der Tonfrequenz zur räumlichen Höhe, die von Wellek (1963) auch als „Ursynästhesie“ bezeichnet wird.

---

<sup>195</sup> Haverkamp (2005), S.20

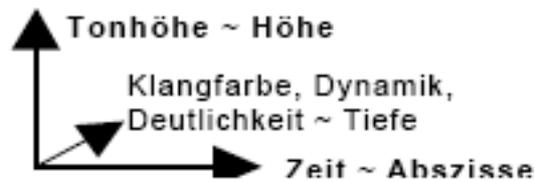


Abbildung 46: Ursynästhesien (Quelle: Haverkamp [2003]).

Abbildung 47 zeigt eine „psychoakustische Analyse“: Richard Wagner, Parsifal, Vorspiel Takt 11-13 mit Partiturausschnitt: 1. Violinen und 1. Flöte. Analyse mit „Artemis“ HEAD acoustics.

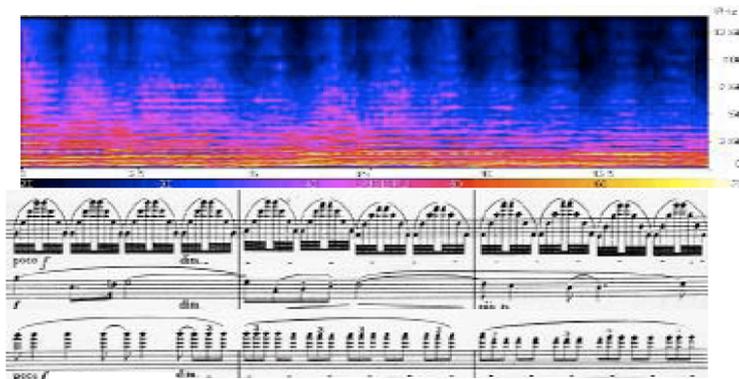


Abbildung 47: Analyse mit "Artemis" HEAD acoustics. Quelle: Haverkamp (2003)

Eine entsprechende Darstellung hat sich auch bei der Visualisierung akustischer Messergebnisse durchgesetzt, wobei als dritte Dimension die spektrale Amplitude farbig oder in Graustufen skaliert ist.<sup>196</sup>

Haverkamp stellt ein Campbell-Diagramm eines Motorengeräusches vor, das er für jede Ebene seines Schemas diskutiert, unter Verwendung einer Farbskala mit monoton zunehmender Helligkeit. Ordinate: Frequenz in Hz, Abszisse: Drehzahl rpm als Umdrehungen n pro Minute, Farbskala: Schallpegel in dB.<sup>197</sup>

<sup>196</sup> Haverkamp (2006), S.14  
<sup>197</sup> Haverkamp (2005), S. 21

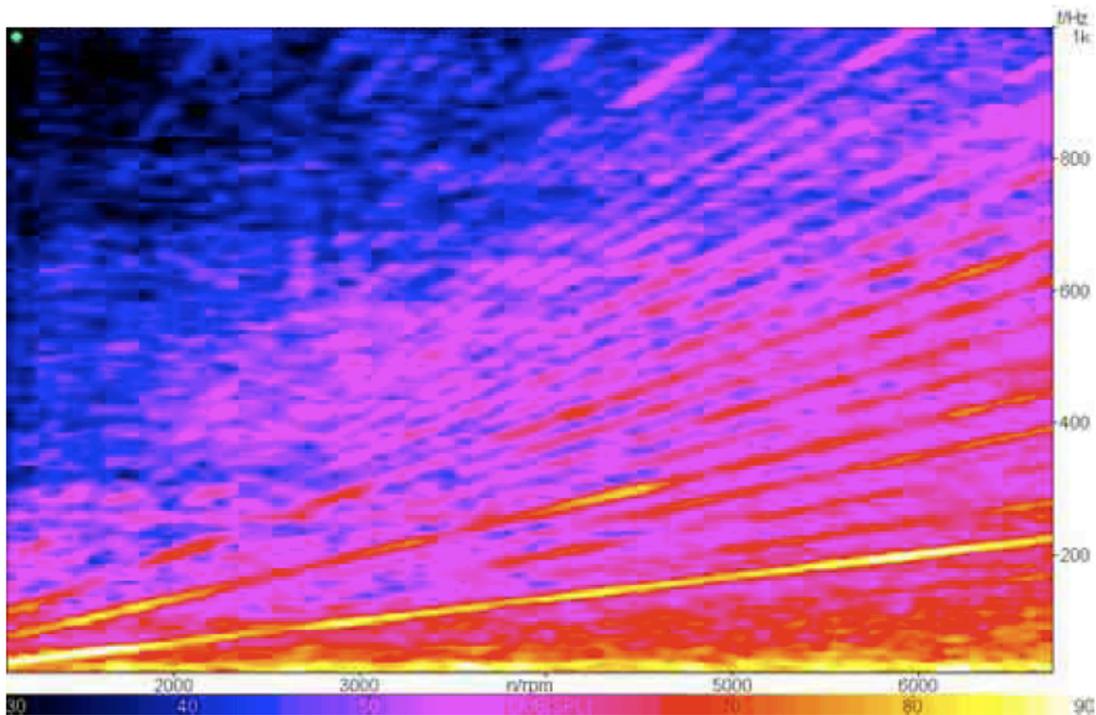


Abbildung 48: „Darstellung eines Motorengeräusches im Campbell-Diagramm Haverkamp (2005) S. 21

Synästhesie: Die hellen Linien auf dunklem Grund ähneln Phosphenen („Phosphenencharakter“). Sie fördern die Aufmerksamkeit und sind als Muster leicht zu identifizieren.

Intermodale Analogie: Die Helligkeit der Farbcodierung entspricht der Ratioskala und nimmt mit dem Schallpegel von schwarz zu weiß entsprechend der „charakteristischen Helligkeit“ jedes Farbtons zu. Die Drehzahlachse entspricht einer Zeitachse, die Frequenzachse entspricht einer Höhe, so ist die „Notationssynästhesie“ „Ursynästhesie“ auch berücksichtigt.

Assoziation: Die weiß-gelben Markierungen der stärksten dominanten Motorordnungen entsprechen der Energie des Verbrennungsprozesses (Feuer, Hitze, Energie).

Symbol/Metapher: Das Gegensatzpaar „Rot-Grün“ (Ampelskala) mit dem ausgeprägten symbolischen Gegensatz „positiv-negativ“ wird vermieden.

Bewusste Zuordnung: Auf einen solchen Abgleich wurde bewusst verzichtet, da dies z. B. der Regenbogenfarbskala entsprechen würde, die zwar physikalisch „korrekt“ ist, aber die intermodale Analogie (Zunahme der Helligkeit) stören würde.

## Lärmkarten

Holger Scharlach hat in seiner Doktorarbeit „Lärmkarten, Kartographische Grundlagen und audiovisuelle Realisierung“ verschiedene Darstellungsmethoden von Lärmkarten sehr detailliert diskutiert, unter anderem auch die Verwendung von Farbskalen und anderen visuellen Darstellungen für Lärmkarten. Die Darstellungsform für raumbezogene Lärminderungsplanung soll kommunizierbar sein.<sup>198</sup> Scharlach stellt die Kritikpunkte der Farbauswahl einzeln ausgewählter Lärmkarten zusammen:

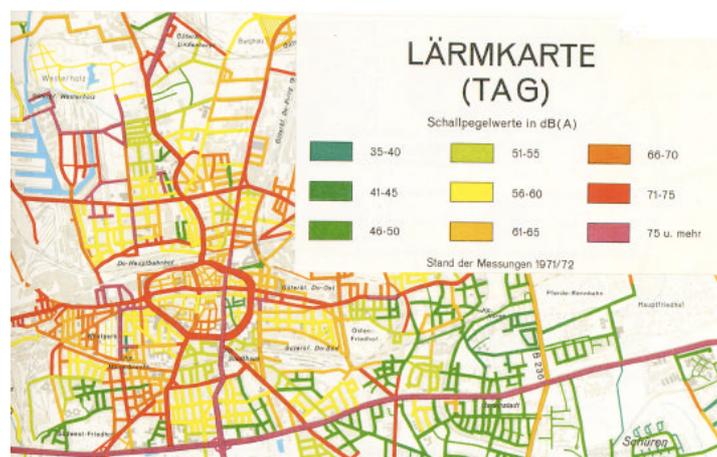


Abbildung 49: Lärmkarte Dortmund (1973) (Quelle: Leibbrand [1984], Bd. II, Beilage 410-59 zit. n. Scharlach [2002]).

Die Lärmkarte von Dortmund aus dem Jahre 1973 verwendet als Farbskala die bekannte Ampelskala mit einer Abstufung von grün über gelb nach rot. Die rote Farbe steht für hohe Pegel, die grüne Farbe für niedrige Pegel. Diese Farbgebung wird laut Scharlach für den überwiegenden Teil aller Lärmkarten verwendet und soll dem Nutzer einen schnellen und verständlichen Überblick geben, wo die Lärmbelastung besonders hoch ist.

Kritikpunkte sind: die mangelnde Unterscheidbarkeit von Farben bei Menschen<sup>199</sup>, die 8%ige Farbenfehlsichtigkeit in der Bevölkerung, den Einsatz von Farbe für Liniensignaturen, denn „während man bei Flächenfarben durch Rasterkombination von drei und vier Grundfarben eine sehr große Anzahl von Farbabstufungen erzielen kann, ist man bei den Farblinien auf die reinen und kräftigeren Grundfarben beschränkt“<sup>200</sup> und die von Bertin (1974) angesprochene Farbsymbolik.<sup>201</sup> Wie bereits beschrieben, verknüpft jeder Mensch Farbe mit Symbolen (Assoziationen), wobei einige weltweit gültig sind, die meisten aber kulturell geprägt sind. (Keates 1996)<sup>202</sup> Laut MacEachren ergeben sich durch diese Unterschiede Probleme „in trying to select colors for maps used in cross-cultural contexts or default colors in mapping systems for a multinational market.“ Deshalb ist Bertin (1974) sowie auch

198 Vgl. Scharlach (2002), S.2

199 MacEachren (1995), S.126

200 Witt (1970), S.416

201 Bertin (1974), S.98

202 Keates (1996), S.231

Haverkamp (siehe oben) der Meinung, dass man solche auffälligen Farb-Assoziationen vermeiden soll, denn diese sind „mit dem universellen Wesen des darzustellenden Begriffs unvereinbar.“ Außerdem läßt sich durch eine geschickte Wahl solcher Farben mit stark assoziativer Farbwirkung die Kartenaussage erheblich beeinflussen:

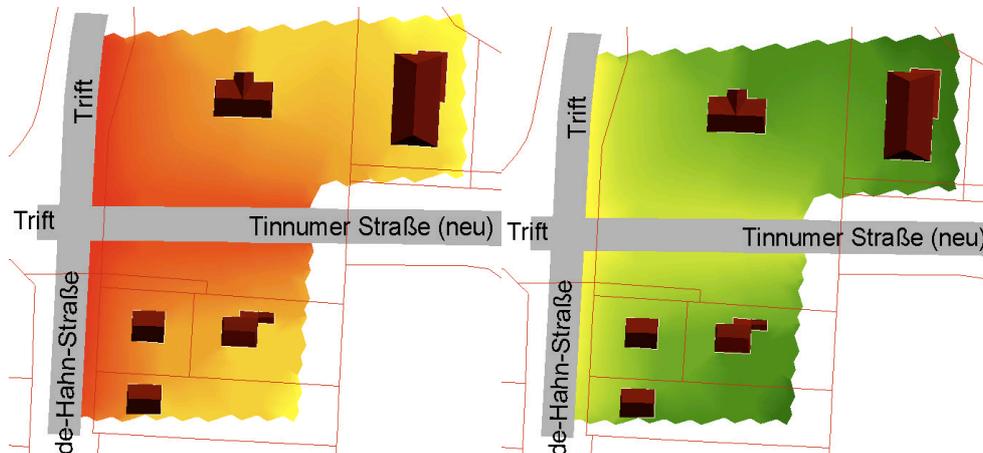


Abbildung 50: Lärmkarte des Projektgebietes in Westerland/Sylt (Quelle: Scharlach [2002], S.95).

In diesem Fall wurden für ein- und dieselbe Karte zwei verschiedene Farbskalen genommen: rot nach gelb und gelb nach grün. Mit Rot wird „Gefahr“ assoziiert, dagegen wird mit der Farbe „Grün“ Bedeutungen wie „Ruhe“ oder „Natur“ verknüpft. Dem Laien (und dies betrifft im besonderen Maße die „Kommunikation“) wird in der 2. Lärmkarte eine geringe Lärmbelastung suggeriert. Allerdings herrschen im grünen Bereich immer noch Werte  $<54$  dB(A) und es ist deshalb bei weitem nicht so ruhig, wie es dem Grünton nach scheint. Im Gegensatz wird dem Laien bei der 1. Lärmkarte eine hohe Lärmbelastung signalisiert. Scharlach schlägt deshalb einen Farbverlauf von schwarz nach weiß vor, um eine assoziative Farbwirkung zu vermeiden. Um solchen Manipulationen entgegenzuwirken, ist in Deutschland bei der Erstellung von Lärmkarten für Planungszwecke die Farbskalen der DIN 18005 anzuwenden. Eine kritische Diskussion dieser Skala findet man in Engnath und Koch (2001).<sup>203</sup> In Österreich wurden die Farbskalen nach der ÖAL-Richtlinie Nr. 36 Blatt 2 in die Landesverordnungen mit aufgenommen:  $<35$  dB Hellgrün, 35-39 dB Grün, 40 bis 44 dB Dunkelgrün, 45-49 dB Gelb, 50-54 dB Ocker, 55-59 dB Orange, 60-64 dB Zinnober, 65-69 dB Karminrot, 70-74 dB Violett, 75-79 dB Blau,  $\geq 80$  dB Dunkelblau.<sup>204</sup> (Siehe Verordnung für die genaue RGB-Kodierung und die Pantone).<sup>205</sup>

Für geografische Bereiche, die den Schwellwert gemäß § 8 überschreiten (die sogenannten Konfliktzonen) ist folgende Farbskala (Pegeldifferenzen) zu verwenden:  $<-5$  dB Hellgrün, -5 bis -1 dB Grün, 0-4 dB, 5-9 dB Orange, 10-14 dB Zinnober,  $\geq$

<sup>203</sup> Engnath und Koch (2001), S.102 ff.

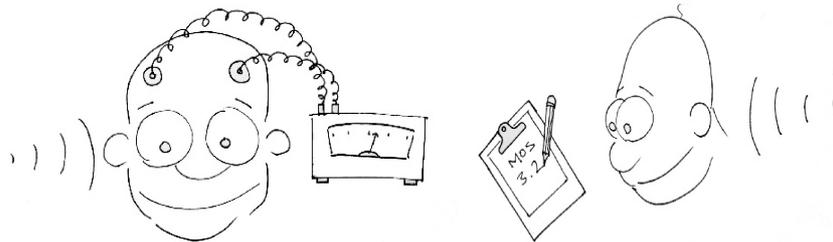
<sup>204</sup> St-ULV 19.Mai 2008, Anlage 1

<sup>205</sup> Siehe dazu die BundesLärmVO, BGBl. I Nr. XXX/2005 in Ausführung der RL 202/49/EG

## 4.2 Geräuschbeschreibung und -beurteilung in Hörversuchen

Bei der Beurteilung reicht es nicht aus, die physikalischen Eigenschaften des Schallsignales zu messen, denn dieses sagt nichts darüber aus, wie das menschliche auditive System das Signal interpretiert und quantifiziert. Das renommierte Standardwerk „Perceptual Audio Evaluation, Theory, Method and Application“ von Bech und Zacharov gehen von 3 verschiedenen Formen der Wahrnehmungsevaluation aus:

a)



b)

c)

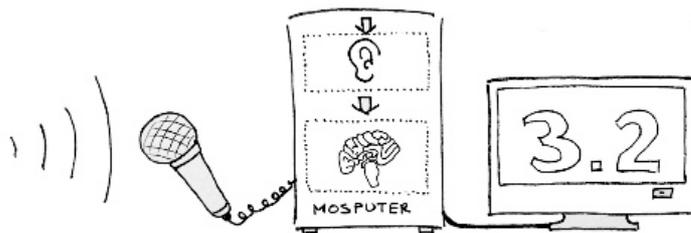


Abbildung 51: „Examples of different forms of perceptual evaluation“ (Quelle: Bech & Zacharov [2006]). a) direkte Messung, b) Wahrnehmungsevaluation, c) predictive-modelling

Eine direkte Messung der menschlichen Wahrnehmung von Schallsignalen a) wäre notwendig, ist aber heute noch immer nicht möglich. Die heute übliche Form ist die Befragung der Probanden in Hörversuchen, um die Wahrnehmung zu quantifizieren b) Eine alternative Methode zur Wahrnehmungsevaluation sind die „predictive

modellierung“ Techniken, bei denen das Wahrnehmungssystem (auditorische und kognitive Wahrnehmung) modelliert wird, um so ein Vorhersagemodell zu erstellen, das es ermöglicht, die Antworten der Hörprobanden zu simulieren.<sup>207</sup> Diese Modelle brauchen keine zeit- und kostenaufwendigen Hörversuche, arbeiten somit sehr effizient und sind bereits auch in den Standards (ACR, PESQ, PEAQ) enthalten.<sup>208</sup> Beispiele: Sprachverständlichkeit, Psychoakustische Empfindungsgrößen, Lokalisation (räumliche Wahrnehmung). Diese Modelle besitzen jedoch einen definierten Geltungs/Einsatzbereich (z. B. Modell für Schmalbandsignal: Sprache soll nicht für die Evaluierung von Musiksignalen herangezogen werden) und im Kontext dieser Projektarbeit muss bei den Modellen unterschieden werden, ob ein einzelnes Audioattribut nachempfunden oder der Gesamteindruck abgebildet werden soll.<sup>209</sup> So können besonders in Bezug auf eine multisensuelle Gesamtbeurteilung (siehe Haverkamp 2007) in vielen Fällen die Hörversuche nicht ersetzt werden.<sup>210</sup> Bei der Geräuschbeurteilung orientiert man sich bislang an verbalen Beschreibungen (und Zahlenskalen)<sup>211</sup>. Verschiedene Grundbegriffe der Psychoakustik sind aus synästhetischen Erfahrungen entstanden, einige hat Haverkamp aufgezählt<sup>212</sup>, die ich mit den jeweiligen psychoakustischen Modellen komplettiert habe. Diese Modelle habe ich nur ansatzweise mit den Literaturangaben erwähnt, eine detailliertere Betrachtung findet man in Sontacchi (1998), Sontacchi (2008) oder Zwicker & Fastl (1999) aber auch Bech & Zacharov (2006)

#### Rauigkeit, roughness [asper]

Physikalische Eigenschaft: Zeitstruktur.

Verbindung zu Wahrnehmungsform: taktil und weitere Sinne.

Predictive Model: Daniel&Weber (1997), Aures (1985), Fastl (1977) Vogel (1975) , Höldrich&Pflüger (1998).

Den Begriffen wie „Rattern“ und „Knattern“ werden bei amplitudenmodulierten 200 Hz-Tönen Modulationsfrequenzen zwischen 12 und 40 Hz zugeordnet. Dem Begriff „Knarren“ werden Modulationsfrequenzen im Bereich zwischen 22 und 70 Hz zugewiesen.<sup>213</sup> Die Rauigkeit von Geräuschen kann als Empfindungsgröße für schnelle Amplitudenschwankungen angesehen werden.<sup>214</sup>

#### Schwebung

Physikalische Eigenschaft: Spektral, Zeitstruktur.

Verbindung zu Wahrnehmungsform: visuell (räumlich).

Bei der Darbietung zweier Sinustöne, gleicher Amplitude, mit Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$ ,

---

<sup>207</sup> Bech & Zacharov (2006), S. 3; Sontacchi (2008) Vorlesung

<sup>208</sup> Sontacchi (1998); Sontacchi (2008) Vorlesung

<sup>209</sup> Vgl. Sontacchi (1998); Vgl. Sontacchi (2008) Vorlesung

<sup>210</sup> Vgl. Bech & Zacharov (2006), S.3

<sup>211</sup> Haverkamp (2005), S.22

<sup>212</sup> Ebd.

<sup>213</sup> Springer und Weber (2004), zit. n. Sontacchi Folien VU

<sup>214</sup> Terhardt (1974), zit. n. Sontacchi (1998), S.4

die zu Beginn gleich sind, wobei  $f_2$  dann langsam zunehmend größer wird, ergibt sich als Hörempfindung zunächst ein Ton, dann eine Schwebung mit  $\Delta f = f_2 - f_1$ , d.h. einen Ton mit der Frequenz  $f = f_1 + \Delta f/2$ , dessen Lautstärke mit  $\Delta f$  schwankt. Überschreitet diese Differenz den Betrag von ca 15 Hz, so tritt an die Stelle der Schwebung eine Rauigkeit als resultierende Empfindung.<sup>215</sup> Die folgende Abbildung zeigt eine schematische Darstellung der Frequenz (dicke Linien) entsprechend der Tonempfindung, die durch die Überlappung zweier reiner Töne mit den nahe beieinander liegenden Frequenzen  $f_1$  und  $f_2 = f_1 + \Delta f$  hervorgerufen wird.

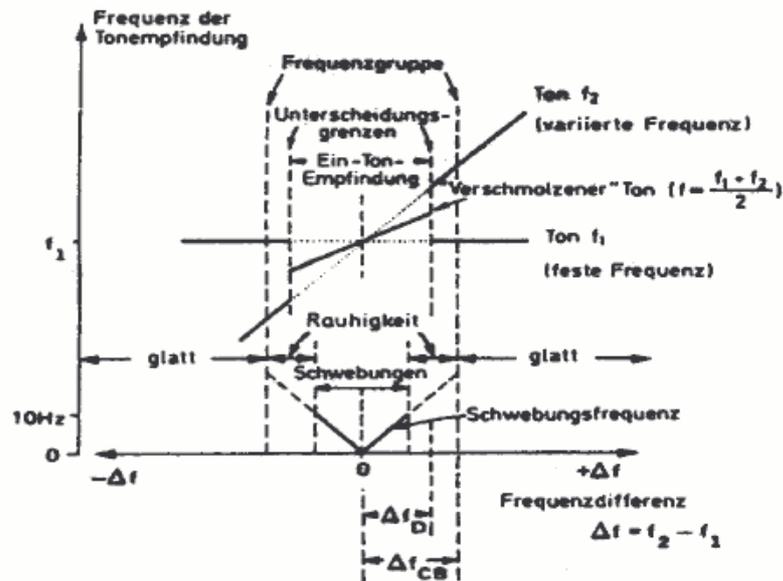


Abbildung 52: Schwebung und Rauigkeit (Quelle Roederer [1977], zit. n. Sontacchi [1998] S. 5).

### Schärfe, sharpness [acum]

Physikalische Eigenschaft: spektral.

Verbindung zu Wahrnehmungsform: visuell und taktil.

Predictive Model: Zwicker (1982), Zwicker und Fastl (1990), Aures.

Schärfe ist ein wesentliches Merkmal zur Beurteilung der Klangfarbe und repräsentiert einen wesentlichen Anteil der Klangfarbenwahrnehmung (v. Bismark 1974) Sie ist ein Indikator der spektralen Balance zwischen tiefen und hohen Frequenzen. Je mehr hohe Frequenzen, desto schärfer.<sup>216</sup> Die spektrale Einhüllende eines Geräusches ist für die Schärfeempfindung von grundlegender Bedeutung. Als objektive Beschreibungsgröße wird das erste spektrale Moment des spezifischen Lautheits-Tonheitsmuster (nach Zwicker) verwendet mit einer Gewichtungskurve, welche das Lautheits-Tonheitsmuster bei hohen Frequenzen stärker gewichtet. (Sontacchi 1998), Sontacchi (2008) Vorlesung.

### Tonhöhe (Pitch) [mel]

<sup>215</sup> Sontacchi (1998), S.4

<sup>216</sup> Sontacchi (1998) S.26

Physikalische Eigenschaft: spektral.

Verbindung zu Wahrnehmungsform: visuell (räumlich).

Sam Ferguson et al. behauptet, dass eine psychoakustische Pitch Ratio Skala wegen der Komplexität der Tonhöhenwahrnehmung ein schwer erreichbares Konzept ist. Stevens hat als erster die Mel-Skala erstellt. Am Beispiel der Wahrnehmung des fehlenden Grundtons „missing fundamental“ zeigt sich, wie kompliziert das Gehör bei der Tonhöhenwahrnehmung sein kann.

### Klangfarbe (timbre)

Physikalische Eigenschaft: spektral.

Verbindung zu Wahrnehmungsform: visuell: z.B. rosa, weißes Rauschen.

Klangfarbe ist mit dem physikalischen Spektrum verwandt aber nicht identisch. (Roads 1996, S.544). So wird der Begriff „Klangfarbe“ in der Psychoakustik für die Bezeichnung von Mechanismen verwendet, die Klang in Familien einteilen. Die Schwierigkeit bei dieser Bezeichnung und auch bei einer Modellierung besteht darin, alle Parameter für die physikalische Analyse von Klangfarbe zu erfassen. Außerdem werden für gegenwärtige Analysemethoden keine früheren im Gedächtnis abgespeicherten Erfahrungen des menschlichen Hörers in die laufende Analyse mit einbezogen.<sup>217</sup> Dies ist ein wichtiges Element laut Haverkamp (siehe Kapitel 3) bei der Wahrnehmung und Beurteilung innerhalb von psychoakustischen Hörversuchen. (siehe Beispiel der Betriebszustände bei Automobilgeräuschen, Kapitel 4 unten). Möglicherweise verhalten sich zukünftige Systeme in diesem Punkt intelligenter. (Roads 1996, S.608)<sup>218</sup>

### Verdeckung (masking)

Physikalische Eigenschaft: spektral und Zeitstruktur.

Verbindung zu Wahrnehmungsform: visuell: „sich verdecken“ „Gesicht verdecken.“

Psychoakustische Modelle für Maskierungseffekte werden heute tagtäglich angewendet (z. B. in der mp3-Codierung), eine Aufzählung würde hier den Rahmen sprengen.

Weitere psychoakustische Empfindungsgrößen wären Lautheit, Klanghaftigkeit, Schwankungsstärke und Impulshaftigkeit, wobei meiner Meinung nach nur noch mit der Impulshaftigkeit eine Verbindung zu taktiler oder visuellen Wahrnehmung geschaffen werden kann. Diese ist aber in Haverkamp (2005) nicht erwähnt.

### Lästigkeit

Eine eindeutige allgemeine Definition dieses Begriffes liegt bis dato nicht vor. Zur Beurteilung der Lästigkeit von Geräuschen werden die psychoakustischen Parameter Lautheit, Schärfe, Rauigkeit, Schwankungsstärke und Tonhaltigkeit herangezogen.

---

<sup>217</sup> Roads (1996) S.608, zit. n. Dermietzel S.40

<sup>218</sup> Ebd.

Berechnungsverfahren sind die „Unbeeinflusste Lästigkeit“ von Zwicker (1990) (Unbeeinflusst heißt, dass zwischen dem Hörer und dem Schall keine Beziehung stehen soll) und die „Psychoakustische Lästigkeit“ von Widmann (1992).<sup>219</sup> Eine mögliche Darstellung gibt Cardozo und van Lieshout (1981) in der folgenden Abbildung. „Sound level“ bezeichnet die Lautheit des Schalls, „Sound Character“ faßt die Parameter Rahigkeit, Schärfe, Tonhaltigkeit und Schwankungsstärke zusammen, „Annoyance rating“ stellt quantitativ die Lästigkeit dar.<sup>220</sup>

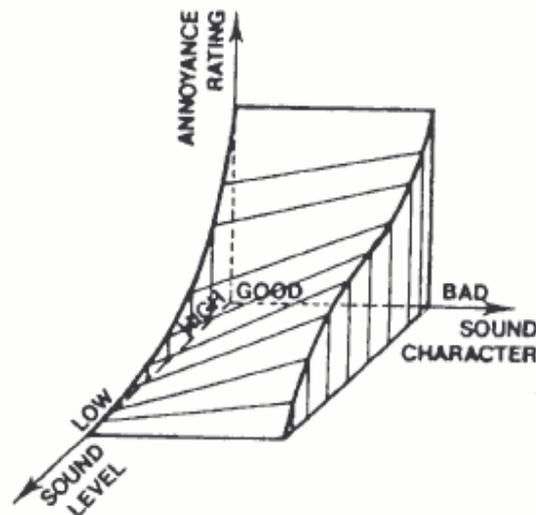


Abbildung 53: Psychoakustische Lästigkeit (Quelle: Cardozo und van Lieshout [1981] zit.n. Sontacchi [1998] S. 6).

Terhardt (1984) stellt ein anderes „Psychophysikalisches Konzept des Zustandekommens der Lärmwirkung“ dar, bei dem die situationsabhängige Größe (psychologische Größe) „Lärmempfindlichkeit“ und die die Zwischengröße „Lärmigkeit“ zur Bestimmung der „Lärmwirkung“ berücksichtigt werden:

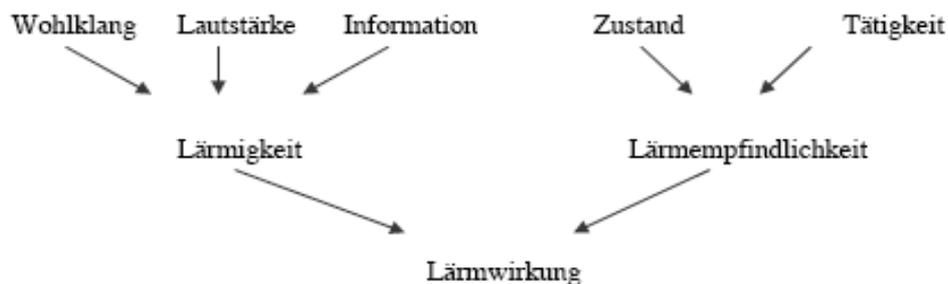


Abbildung 54: Psychophysikalisches Konzept nach Terhardt (1984), aus Sontacchi (1998).

<sup>219</sup> Sontacchi (1998) S.6

<sup>220</sup> Sontacchi (1998) S.6

Der Wohlklang ist eine mehrdimensionale Größe und wird aus der Schärfe, der Rauigkeit, der Tonalität und der Lautheit, berechnet nach Aures (1985), Terhardt und Stoll (1981).

### **Kritik:**

Die Skalierung der Attribute erfolgt üblicherweise als Gegensatzpaare (semantisches Differential), z. B. wird die Rauigkeit zwischen den Extremen „sehr rau“ und „glatt“ oder die Schärfe zwischen „stumpf“ und „scharf“ beurteilt. Zwar sind diese intermodalen Verbalisierungen (synästhetische Umschreibungen) allgemein verständlich<sup>221</sup> und sollten deshalb auch verwendet werden, Haverkamp meint jedoch (und dies entspricht ebenfalls den Erkenntnissen von Cytowic, siehe Kapitel 3), dass bei solchen Verfahren der Verbalisierung eine komplexe kognitive Verarbeitung von Sprache im Gehirn erfordert wird, während zur eigentlichen Geräuschbeurteilung (siehe Ebenenhierarchie nach Haverkamp oder Assoziationswege nach Cytowic, Kapitel 3) Analogien intuitiv auf niedrigeren Stufen gebildet werden. „Die ausschließlich verbale Beschreibung von Geräuschphänomenen beruht daher auf einem Umweg der Informationsverarbeitung“<sup>222</sup>. Haverkamp schlägt deshalb vor, die Ebenen der Analogiebildung direkter anzusprechen und auf Verbalisierungen möglichst zu verzichten. So könnte man sich eine Beurteilung mit Hilfe visueller (elementarer Grundformen, Liste endogener Bildmuster, siehe Kapitel 3) oder taktile Vergleiche (siehe Cross-modality-Matching nach Stevens, Kapitel 3) vorstellen. Umfassende Erfahrungen mit diesen Vorgehensweisen liegen jedoch noch nicht vor.<sup>223</sup> Andere Phänomene sind laut Haverkamp ebenfalls nicht außer Acht zu lassen. So spielen assoziative Verknüpfungen bei der Fahrzeugbeurteilung eine wichtige Rolle, da verschiedene Betriebszustände sehr häufig vorkommen und die zugehörigen Attribute daher im Gedächtnis in der Regel fest verkoppelt sind. Weiters schreibt Haverkamp:

*„Es ist geübten Fahrern ohne Probleme möglich, einem Geräusch eine bestimmte Fahrsituation zuzuordnen und diese spontan zu visualisieren. Das Problem der Standardisierung der Versuchsbedingungen besteht jedoch darin, eine allen Versuchspersonen gemeinsame Basis zu finden, denn die an den Assoziationen beteiligten Elemente sind über lange, im Versuch nicht erfassbare Zeiträume individuell gesammelt und im Gedächtnis gespeichert worden. Nur durch eine sorgfältige Vorbereitung der Versuchspersonen auf den Versuch können deren assoziative Fähigkeiten pragmatisch auf den gewünschten Kontext abgestimmt werden.“<sup>224</sup>*

Zu diesem „Gedächtnis“-Problem kommen dann noch die vielfältigen sozio-kulturellen Verknüpfungen, die ich schon in Kapitel 3 und Kapitel 4 unter „Optimale Visualisierung von Schallmessungen“ diskutiert habe. Die Farbsymbolik ist zu beachten und sicherzustellen, dass alle Versuchspersonen die eingesetzten Farben in

---

<sup>221</sup> Haverkamp (2005), S.19

<sup>222</sup> Ebd.

<sup>223</sup> Haverkamp (2005), S.22

<sup>224</sup> Haverkamp (2005), S.15

gleicher Weise beurteilen. Dies ist bei Synästhetikern wegen ihrer großen interindividuellen Varianz natürlich nicht gegeben, deshalb müssen Personen mit synästhetischer Veranlagung im Sinne von Cytowic (Synästhesie sensu Cytowic, siehe Kapitel 1) gesondert untersucht werden.

Aus einzelnen Schallattributen läßt sich kein Gesamturteil bilden, deshalb müssen diesbezüglich die psychoakustischen Modelle scheitern, weil sie meistens nur ein Audioattribut (Empfindungsgröße) nachempfinden.<sup>225</sup>

Bech & Zacharov (2006) gehen von einem Zwei-Filter-Modell aus und unterscheiden in diesem Fall zwei Messungen:

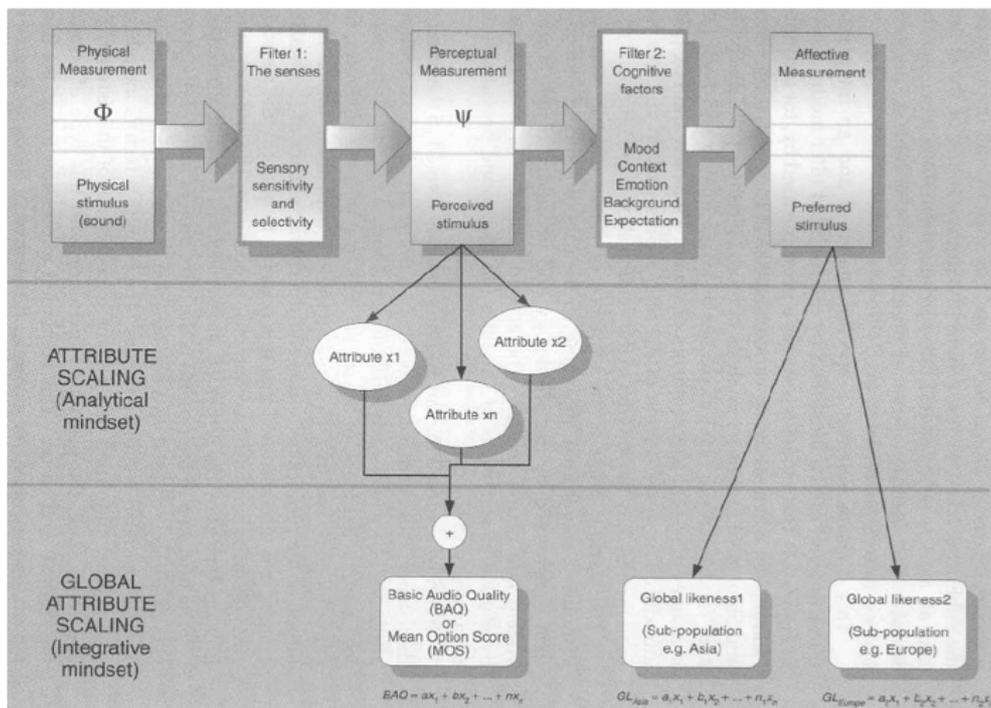


Abbildung 55: Zwei-Filter-Modell der Wahrnehmung nach Bech & Zacharov (Quelle: Bech & Zacharov [2006]).

Bei diesem Modell wird zwischen zwei verschiedenen Messungen unterschieden:

*„Perceptual measurement: An objective quantification of the sensorial strength of individual auditory attributes of the perceived stimulus [...] Affective measurement: An objective quantification of an overall impression of the perceived stimulus.“<sup>226</sup>*

Für Haverkamp haben alle multisensuellen Eigenschaften einer Umgebung Einfluss auf die subjektive Bewertung eines Geräuschphänomens. So kann ein unbekanntes Geräusch sehr störend wirken, bis es identifiziert wurde. Bei der Beurteilung der Lästigkeit von Schallquellen (physikalische Objekte) muss die Identität der Wahrnehmungsobjekte beachtet werden, denn verschiedene Wahrnehmungsobjekte

225 Vgl. Sontacchi (2008) Vorlesung  
226 Bech & Zacharov (2006), S.3

können nicht einfach (mit einem Kriterium z. B. Leq[tiefgestellt]) hinsichtlich ihrer Lästigkeit verglichen werden. So wird eine Autobahn mit einem zeitlich konstanten, breitbandigen Spektrum als anderes Wahrnehmungsobjekt wahrgenommen als ein einzelnes „pass-by-noise“ Fahrzeug mit einer spezifischen Richtung der Schallabstrahlung (limitiert in zeitlicher, spektraler und räumlicher Domäne) oder dem Doppler-Effekt. So kann eine distanzierte Autobahn viel weniger lästig sein als eine kleine Landstraße in der Nähe des Hörers. Siehe hierzu auch Abbildung 35 Kapitel 3.<sup>227</sup> Haverkamp folgert daraus: „*The identity of perceptual objects is an essential precondition of reliable assessment.*“<sup>228</sup>

### 4.3. Audiovisuelle Sprachsynthese und –erkennung

Dass bei verbaler Kommunikation das Hören und Sehen gleichermaßen beitragen, ist nicht neu. So weiß man aus dem in Kapitel 3 beschriebenen McGurk-Effekt, dass der Mensch zu einem gewissen Grad Lippenbewegungen unbewusst wahrnimmt. Dies wird besonders bei schlechter Synchronisation von Filmen deutlich. Die Sprachverständlichkeit ist also ein multimodaler Vorgang (siehe Kapitel 3) und kann deshalb unter den Bereich der synästhetischen Wahrnehmung im weiteren Sinne (nicht sensu-Cytowic) eingeordnet werden. Man hat sich schon 2005 auf der strukturierten Sitzung der Tagung DAGA „audiovisuelle Spracherkennung und -synthese“ mit dem Thema von Sprachausgabesystemen, die zusätzlich mit visuellen Simulationen der Lippenbewegung und Mimik von Sprechern ausgerüstet sind, beschäftigt. Hier sind vor allem die Beiträge „Audiovisuelle Synthese mittels HMM basierter Segmentauswahl“ von Christian Weiss IKP, Universität Bonn und „An Implementation of the Output System for Multimodal Man-Machine Communication System“ von Dario Alonso, Infineon Technologies AG zu nennen, die eine Wiedergabe mittels sogenannter „Talking Heads“ vorschlagen.<sup>229</sup> Bei hohem Umgebungsgeräusch (im Automobil) kann die visuelle Analyse der Lippenbewegung beim Sprechen die Sprachverständlichkeit erhöhen und wäre somit bei Infotainment- oder Navigationssystemen von Vorteil.<sup>230</sup> In einer späteren Entwicklung kann man sich das Hinzufügen von emotionaler zur verbaler Information durch Sprache, Mimik und Gestik vorstellen, denn der Ausdruck der Freude wird z. B. sowohl im auditiven als auch im visuellen Signal codiert und kann beiden Modalitäten entnommen werden.<sup>231</sup> Ein solcher „Talking Head“ wurde nun am Dept. of Speech, Music and Hearing KTH in Stockholm unter dem Namen „Synface“ zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit während Telefongesprächen für Hörbehinderte entwickelt. Das Synface generiert mit einem ASR (automativ speech recognizer) aus dem akustischen Signal ein visuelles Signal, welches dann auf dem synthetischen Kopf abgebildet wird. Weiterführende Informationen finden sich in: Beskow et al., „Synface- A Talking Head Telephone for Hearing impaired“, Siciliano et al. (2002), Spens et al „Synface, a talking head telephone for the hearing impaired“ sowie in anderen Publikationen. Am Department of Phonetics and Linguistics des University College London hat man versucht, mit diesem Synface in einem Experiment die

---

<sup>227</sup> Haverkamp (2005)

<sup>228</sup> Haverkamp (2005).

<sup>229</sup> DAGA (2005) Programm

<sup>230</sup> Vgl. Haverkamp (2006)

<sup>231</sup> Aubergé & Cathiard (2003)

Lippenlesefähigkeit von Normalhörern (NH, Normal Hearing) und Hörbehinderten (HI, Hearing Impaired) zu bestimmen.<sup>232</sup> Den Normalhörern wurde die Sprachverständlichkeit durch einen 2- oder 3-Band Vocoder verschlechtert. Dieses Experiment brachte ein erstaunliches Ergebnis: Es gab nämlich im Durchschnitt eine Verbesserung der Satzverständlichkeit von 22 % für beide Gruppen:

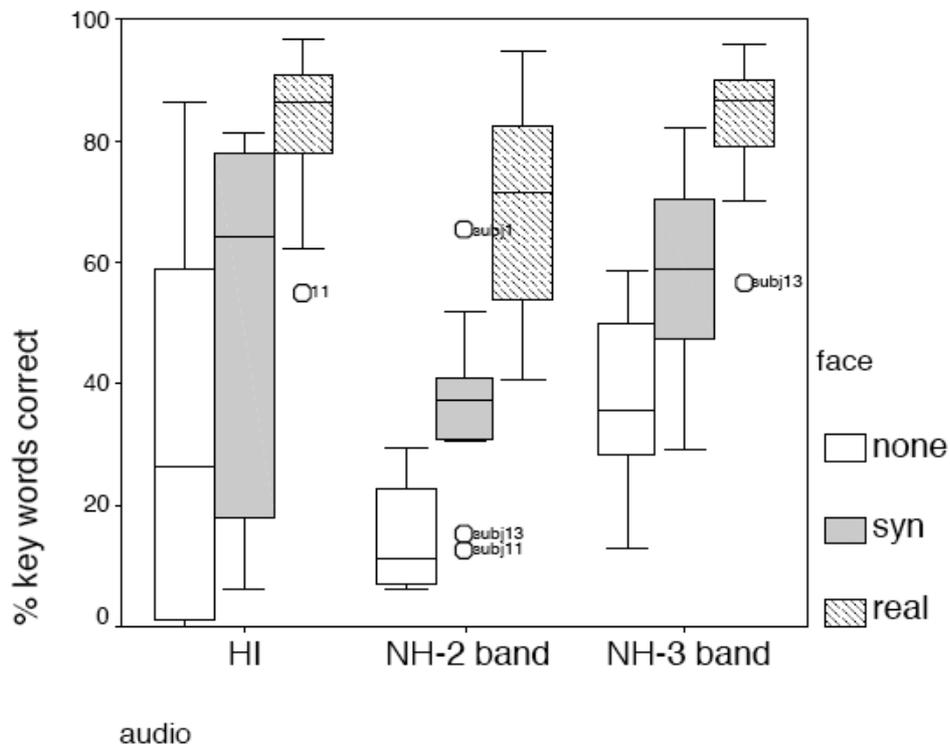


Abbildung 56 „Sentence intelligibility versus facial condition for HI and NH groups (Quelle: Siciliano et al. [2003]).

Wie man in Abbildung 56 sieht, ist die Verständlichkeit für die NH ohne Synface sehr gering, allerdings erkennt man auch, dass die Satzverständlichkeit mit einem realen Gesicht höher liegt. Es gibt auch Unterschiede bei verschiedenen Sprachen: Englisch, Schwedisch, Niederländisch.<sup>233</sup> Der Vorteil von Synface liegt darin, dass bei der verbalen Kommunikation auf teure Videotelefoniergeräte verzichtet werden kann und dass nur auf Seiten des Hörers ein solches softwarebasiertes Synface-system stehen muss.<sup>234</sup>

<sup>232</sup> Siciliano et al. (2003) „Lipreadability of a Synthetic Talking Face in Normal Hearing and Hearing-impaired listeners.“

<sup>233</sup> Siciliano et al. (2002) S.58

<sup>234</sup> Siciliano et al. (2003)

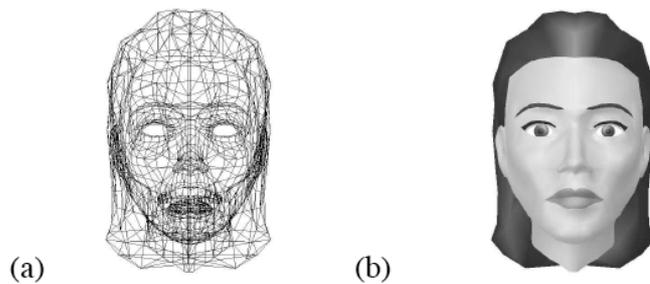


Abbildung 57: Talking Head (Quelle: Siciliano et al. [2003]).

Zur Vervollständigung möchte ich hier noch erwähnen, dass es auch bei der Spracherkennung Konzepte gibt, die visuelle oder mimische Information mit einbeziehen. DAGA 2005: „Embedded Lip Reading for Automotive Environments“ von Pérez et al. (Siemens AG).

#### 4.4. Synästhetisches Design und Geräuschdesign

Seit etwa zwei Jahrzehnten stellt die Geräuschgestaltung einen wesentlichen Faktor des Produktdesigns dar. Im Automobilbau ist das Motorgeräusch traditionell ein wesentlicher Träger der Markenerscheinung und so hat Haverkamp (Ford-Werke GmbH Köln) in seinen Papers Haverkamp (2007) Audiobranding bzw. Haverkamp (2006) Beispiele aus dieser Branche publiziert. Zur Optimierung der Produkterscheinung muss neben dem Gesamtgeräusch auch das Geräuschverhalten aller Komponenten in den Entwicklungsprozess eingebunden werden. Haverkamp spricht diesbezüglich von „Operational Noise“ d. h. Information tragende Signale (Geräusche) müssen klanglich optimiert werden, um so eine präzise Rückmeldung der gewünschten Funktion an den Fahrer sicherzustellen („Funktionale Analogie“<sup>235</sup>). Andere Geräusche ohne Informationsgehalt müssen dagegen minimiert oder ausgelöscht (z.B. ANC) werden.<sup>236</sup> Dies ist beim Geräuschdesign heute Standard. Bei einer multisensuellen Wahrnehmung beeinflussen jedoch nicht nur das Fahrzeuggeräusch und das Geräusch der einzelnen Komponenten die Gesamtbewertung, sondern auch andere Sinnesmodalitäten (visuell, taktil). Während das visuelle und akustische Design traditionell im Vordergrund stand, werden heute alle Sinnesbereiche mit in den Entwicklungsprozess einbezogen.<sup>237</sup> Haverkamp geht davon aus, dass ein Design einer Komponente als robust angesehen wird, wenn es als ein in sich geschlossenes Wahrnehmungsobjekt (Integrationsprozess, siehe Kapitel 3) wahrgenommen wird.<sup>238</sup> Folgen dem Schalterklicken z. B. weitere Geräuschereignisse, so „klappert“ der Schalter. Bewegt sich ein Teil der Schalterwippe fühlbar und sichtbar asynchron zur Kippbewegung, so „führt er ein unrobustes Eigenleben“.<sup>239</sup> Außerdem fordert auch die Komplexität der heutigen Bedienelemente eine sorgfältige Abstimmung visueller, taktiler und auditiver

<sup>235</sup> Haverkamp (2007) Audiobranding, S.238

<sup>236</sup> Ebd., S.228

<sup>237</sup> Ebd., S.228

<sup>238</sup> Haverkamp (2007), S.12

<sup>239</sup> Ebd. S.12

Eigenschaften im Hinblick auf eine Gruppierung zu eindeutigen Wahrnehmungsobjekten, um die Bedienbarkeit des komplexen technischen Systems zu sichern.<sup>240</sup> Haverkamp schlägt deshalb vor, die zur Bedienung notwendigen Wahrnehmungsobjekte durch gezieltes Absetzen der physikalischen Eigenschaften vom Hintergrund abzusetzen, um diese besonders hervorzuheben. Dies gilt sowohl für die visuelle Wahrnehmung als auch für die auditive und taktile (haptische).<sup>241</sup> Das Wahrnehmungsobjekt „Blinkerhebel“ ist durch taktile (Empfindung bei Berührung), propriozeptive (Armkraft und -bewegung), visuelle (Stellung des Hebels) und auditive Eigenschaften („Klacken“ bei Betätigung) definiert.<sup>242</sup> Übrigens kommt hier auch eine ikonische Verknüpfung vor, denn es wird hier auf ein bereits gewohntes Geräusch (Metallzunge des Blinkerrelais) zurückgegriffen, welches heute ironischerweise elektronisch nachgebildet wird.<sup>243</sup> Beim Beispiel der mechanischen Parkbremse sieht Haverkamp folgenden synästhetischen Zusammenhang:

Visuell wahrnehmbare Hebenbewegung nach oben > zur Bremskraft korrelierte Gegenkraft des Bremssystems (Information über Haltekraft)>spürbare Impulse >hörbares Klicken der Sperrklinke (Sicherheit, dass Bremse verriegelt ist).

Nur durch die Verbindung analoger Vorgänge im visuellen, auditiven, taktilen und propriozeptiven Sinnesgebiete wird die Anmutung einer sicheren Funktion geliefert. Beim Übergang zu einer rein elektrischen Parkbremse durch einen Schalter fallen viele sensuelle Rückmeldungen weg. Die sichere Funktion muss soweit es geht akustisch vermittelt werden.<sup>244</sup> Abbildung 58 zeigt den Schalter einer elektrischen Parkbremse (EPB). Dieser Schalter ist ein Beispiel für eine „optimale“ Gestaltung funktionaler Elemente, die darin besteht, eine eindeutige Funktion mit eindeutiger Symbolik und eindeutigen visuellen auditiven und taktilen Objekteigenschaften zu verknüpfen.<sup>245</sup> Der Geräuschvorgang muss so verlaufen, dass eine Assoziation des „Greifens“ der Bremsbeläge dem Fahrer Sicherheit über die robuste Ausführung der Funktion vermittelt.<sup>246</sup> Hierbei ist darauf zu achten, dass die gesamte Schallabstrahlung des funktionellen Vorgangs oder des Signalgebers als ein in sich geschlossenes Geräuschobjekt wahrgenommen wird.<sup>247</sup> Dies ist bei einem Schalter allerdings oft nicht der Fall, da physikalische Funktionen häufig mit Teilprozessen verbunden sind. So strahlt ein Schalter verschiedene zeitversetzte Geräusche ab:



- 240 Vgl. Haverkamp (2007), S.6  
 241 Vgl. Haverkamp (2007) Audiobranding, S.238  
 242 Haverkamp (2007) Audiobranding, S.229  
 243 Vgl. ebd., S.233  
 244 Vgl. Haverkamp (2007) Audiobranding, S.240  
 245 Ebd., S.238  
 246 Ebd., S.240  
 247 Haverkamp (2006), S.11

Abbildung 58: Schalter einer elektrischen Parkbremse (EPB) (Quelle Haverkamp [2006]).

Haverkamp zeigt in Audiobranding (2007) das Zeitverhalten des Schalters für die elektrische Parkbremse: links Schalldruck, Mitte Spektrum des Schalldruckpegels (SPL), rechts Schalldruckpegel (SPL). Es ist durch konstruktive Maßnahmen beim Geräuschdesign sicherzustellen, dass die Zeitverzögerungen zwischen den Schallereignissen (mit Pfeile gekennzeichnet) so kurz sind, dass es zu einer (subjektiven) Verschmelzung der Schallanteile kommt, so dass nur ein Geräuschobjekt wahrgenommen wird.<sup>248</sup>

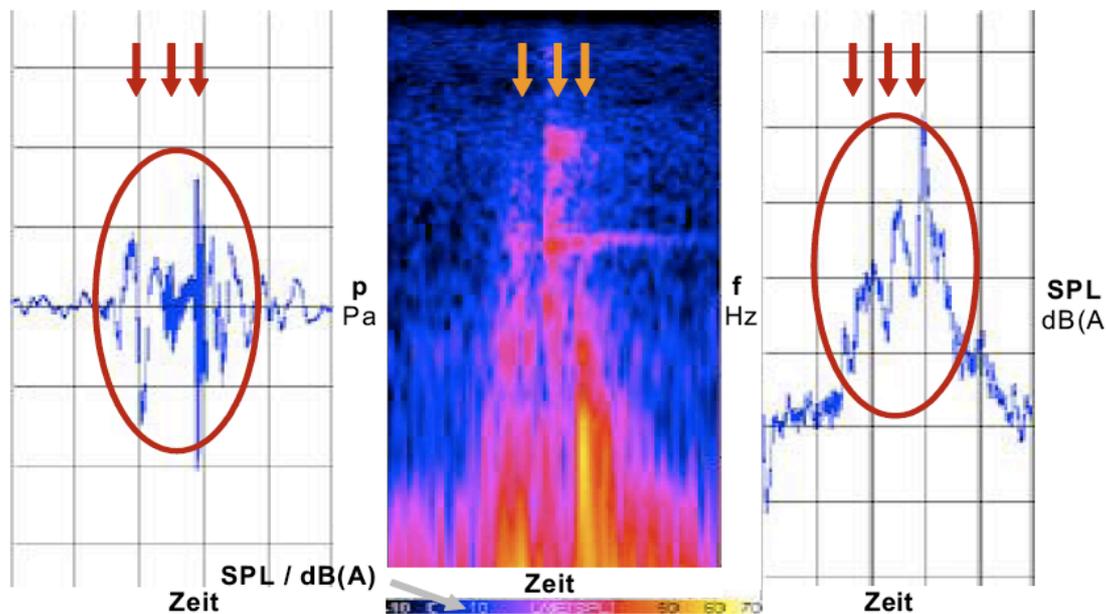


Abbildung 59: Zeitverhalten eines Schalters einer Parkbremse (Quelle: Haverkamp [2007] Audiobranding).

### Intermodale Skalierung

Verschiedene Sinnesreize wurden mit Hilfe des Cross-modality-Matching nach Stevens zu einer Ratio-Skala zusammengeführt (siehe Kapitel 3). In ähnlicher Weise soll, laut Haverkamp, im Hinblick auf ein optimales synäthetisches Design eine Abstimmung zwischen der visuell wahrgenommenen Stellung eines Drehschalters für die Fahrzeugbelüftung mit der Intensität und Qualität des Lüftergeräusches vorgenommen werden. Die Änderung der Lautheit oder auch der Klangfarbe muss proportional zum Winkel des Drehschalters erfolgen. Die Zahlenskala (meistens eine Ratioskala) bei Bezifferung der Stufen muss mit dem Drehwinkel übereinstimmen und an die genannten Geräuscheigenschaften angepasst sein. Das gleiche gilt für das akustische Signal der Einparkhilfe, deren Intervall sich üblicherweise proportional zum Abstand des Fahrzeugs zu Hindernissen verhält.<sup>249</sup>

Andere Beispiele für die Vermutung einer Robustheit beim Motor ist die Analogie

<sup>248</sup> Vgl. Haverkamp (2006), S.11

<sup>249</sup> Ebd. S.12

des Motorgeräusches zur beobachteten oder erwarteten Funktion. Die Empfindung der „Sportlichkeit“ des Motorverhaltens wird beim Kunden neben der Klangfarbe auch über den Grad der Erhöhung des Geräuschpegels bei Betätigung des Gaspedals beurteilt.<sup>250</sup> Für ein motorgetriebenes Fahrzeugfenster bieten sich zwei Möglichkeiten an: entweder soll das Schließen des Fensters mit konstanter Tonhöhe erfolgen (in Anlehnung an die Analogie von Tonhöhe zu Bewegungsgeschwindigkeit) oder in einer eher „freien akustischen Gestaltung“ die Tonhöhe beim Schließen zunehmend erhöht werden (was der Tonhöhe-Weg Analogie „Ursynästhesie“ „siehe Kapitel 3, entspricht).<sup>251</sup>

Die Zukunft der Fahrzeugakustik wird laut Haverkamp so aussehen, dass Geräusche durch aktive Unterdrückung des Schallfeldes „ausgeblendet“ werden (ANC, heute schon vorhanden) und durch synthetische Klänge ersetzt werden, so dass alle funktionalen Geräusche (Signale, Radio, Navigationsgerät) nach Wunsch des Kunden über ein zentrales System koordiniert werden.<sup>252</sup>

#### 4.5. Synästhetische Sound-Synthese

*„Über ein dutzend Komponisten, moderner, computergenerierter Musik fragten [mich] nach dem Translationsalgorithmus zwischen Sehen und Hören, weil sie herausfinden wollten, ob ihre Kompositionen ‚richtig‘ waren“.*<sup>253</sup>

Wie die Geschichte (siehe Kapitel 2) zeigt, ist das Ziel, einen Translationsalgorithmus für die Verwandtschaft von visuellen und auditiven Phänomenen zu finden ein „alter Traum der Menschheit“ und noch immer nicht erreicht.<sup>254</sup> Mit der wissenschaftlichen Erforschung der Synästhesie (im weiteren Sinne) erhoffen sich auch die Künstler und Musiker Objektivität von Verknüpfungen von Bild und Ton in die doch sehr subjektive Synästhesie (siehe interpersonale Varianz, Kapitel 1). Diesen Herausforderungen stellten sich Dermietzel (2005) in seiner Diplomarbeit „Synaesthetic Sound Synthesis“, Daurer (2006) in seiner Diplomarbeit „add-value“ und auch Schatter et al. (2005) in ihrer Publikation „A synaesthetic approach for a synthesizer interface based on genetic algorithms and fuzzy sets.“

Dermietzel, der beim Max-Planck-Institut Frankfurt (in Zusammenarbeit mit der Medizinischen Hochschule Hannover) positiv auf seine Synästhesiefähigkeit getestet wurde, versuchte durch parametrische Simulation seiner Synästhesie „Klangfarbe-Form“ mit Hilfe der Software „Synalizer“, objektive Kriterien abzuleiten. Dermietzel unterscheidet für seine synästhetischen Formen fünf verschiedene Aspekte: Grundform, Oberflächenstruktur, Farbe, Transparenz, diffuser „Nebel“ bei indifferenten Formen.<sup>255</sup> Er analysierte auch, welche Formen zu den jeweiligen elektronischen Grundwellen projiziert werden:

---

<sup>250</sup> Zeitler & Zeller (2006), S.239, zit. n. Haverkamp (2006) Audiobranding, S.239

<sup>251</sup> Vgl. Haverkamp (2006), S.18

<sup>252</sup> Vgl. Haverkamp (2006) Audiobranding, S.243

<sup>253</sup> Cytowic (1995) S.141, zit. n. Dermietzel (2005), S.39

<sup>254</sup> Vgl. Dermietzel (2005), S.38

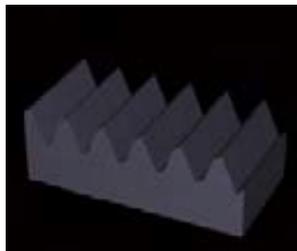
<sup>255</sup> Zu genaueren Details siehe Dermietzel (2005), S. 30



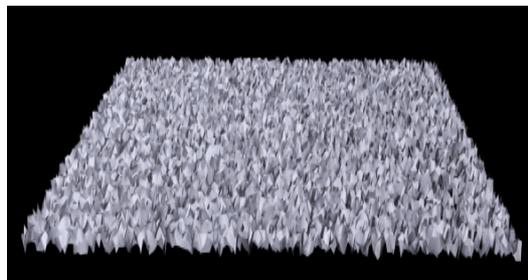
„Der Sinuston ist immer eine Kugel, die manchmal bei bestimmten Frequenzen auch goldgelb eingefärbt ist. Vom Material her tritt er meistens als glatte, leicht oder stark transparente Glaskugel auf“



„Die Rechteckwelle ist sehr schwierig zu beschreiben, da sie sehr indifferent erscheint. Jedoch tritt bei ihr trotz der Indifferenz kein Nebel auf. Am ehesten erscheint sie als ein von vorn gesehener Zylinder. Von den Materialeigenschaften trifft auf die Rechteckwelle am ehesten die von leicht transparentem grau-weißem Plastik zu.“



„Die Sägezahnwelle ist wie ein flaches Zahnrad, von dunkelgrauem metallischem, blockartigem Charakter. Als Material ist Gussmetal am ähnlichsten.“



Abbildungen 60-63 (Quelle: Dermietzel (2005), S.32-35).

„Weißes Rauschen ist eine zerknitterte, helle, grau-weiße Fläche. Die Materialeigenschaften sind am ehesten mit Aluminium vergleichbar.“

Die technische Umsetzung des „Synalizer“ wird in MAX/MSP/JITTER realisiert, dabei kommt der „Analyser“ von Tristan Jehan zum Einsatz, der aus den Tondaten die Parameter: Pitch, Loudness, Brightness, Noisiness (Rauschanteile), Amplitude, Sinusoid 1 (Freq) (1.Formant/Partialton) extrahiert. Diese Parameter werden im JITTER-Modul (Objekt: jit.gl.gridshape) zu einfachen Grundformen gemappt: Pitch>Plane, Loudness>Sphere, Brightness>Torus, Noisiness>Cylinder, Amplitude>Circle, Sinusoid 1 >Cube.

Diese sechs Grundformen werden dann prozentuell ineinander gemischt. Das Mischverhältnis bestimmen die extrahierten Parameter. Bis jetzt ist also nur die synästhetische Form „Grundform“ vollständig umgesetzt. Das Ergebnis ist jedoch bei weitem nicht optimal und erfordert noch weitere Erforschung. Die Arbeit gilt allerdings als Versuch einer echten parametrischen Simulation der Synästhesie (sensu Cytowic).

Das nächste audiovisuelle Performanceinstrument „add.value“ (Daurer 2006) verfolgt ein anderes Ziel: nämlich die Bild- und Tonebene gleichwertig zu behandeln, d. h. das Ziel soll nicht sein, musikalische Parameter in die visuelle Domäne überzuführen, sondern einen kompletten „audiovisuellen Organismus“ zu kreieren.<sup>256</sup>

Die Software wurde in Pure Data programmiert, die Library PMPD dient zur Erzeugung eines dynamischen Partikelmodells. Die einzelnen Partikel des physikalischen Modells werden auf der akustischen Ebene durch Sinus-Generatoren (alternativ durch gefiltertes weißes Rauschen) und auf der visuellen Ebene durch schwarze Kugeln auf weißem Hintergrund (alternativ weiß auf schwarz) dargestellt. Es können bis zu 125 „Sinus-Kugel-Partikel“ gleichzeitig durch den Raum geglitten werden und somit ergeben sich komplexe visuelle Formationen und vielschichtige akustische Ereignisse, die Ähnlichkeiten mit komplexer additiver Synthese haben.<sup>257</sup> Die Bild-Ton-Verknüpfung ist dreidimensional, somit kann man für jede „Sinus-Kugel-Partikel“ folgende Parameter unterscheiden:

	Ton	Bild
X-Achse	Stereo-Panorama (links-rechts)	Position im Raum (links-rechts)
Y-Achse	Frequenz (hoch-tief)	Position im Raum (unten-oben)
Z-Achse	Amplitude (laut-leise)	Position im Raum bzw. Größe (vorne-hinten)

<sup>256</sup> Daurer (2006), S.77

<sup>257</sup> Daurer (2006), S.78

Die Zuordnungen stimmen mit den intermodalen Analogien überein (siehe Kapitel 3); überraschenderweise stimmen die Grundbausteine auch mit den synästhetischen Wahrnehmungen von Dermietzel (2005) überein und somit soll laut Daurer (2006) in „wahrnehmungspsychologischer Hinsicht [eine] effektive synästhetische Verschränkung garantiert [sein].“<sup>258</sup>

Ein interessantes Konzept hat Schatter et al. (2005) der Fakultät Medien Bauhaus Universität Weimar vorgestellt:

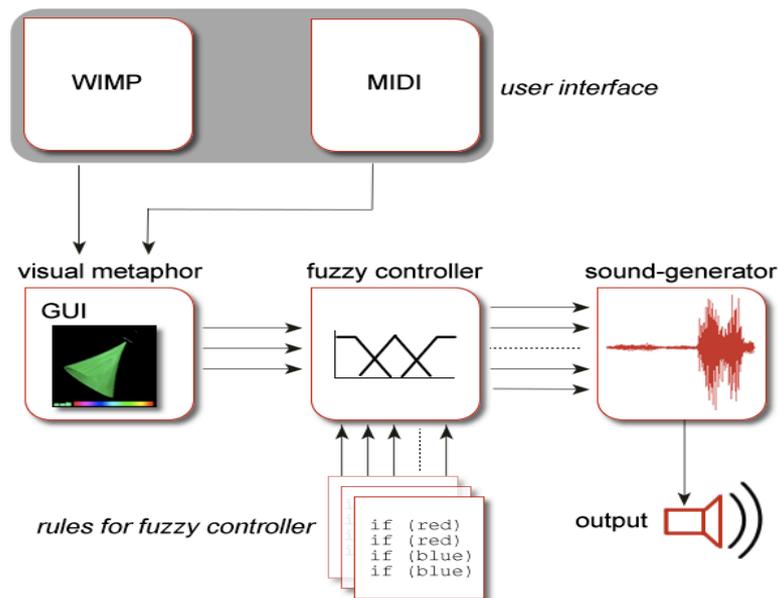


Abbildung 64: „System Overview of a synthesizer“ (Quelle: Schatter et al.[2005]).

Bei diesem System wird ein 3D-„visual metaphor“ (GUI) über ein WIMP-Interface (window, icon, mouse, pointer) oder externes MIDI-Interface angesteuert. Alle 23 Parameter des Soundgenerators können gleichzeitig und auch verständlich auf fünf Parameter des „visual metaphor“ „gemapped“ werden:

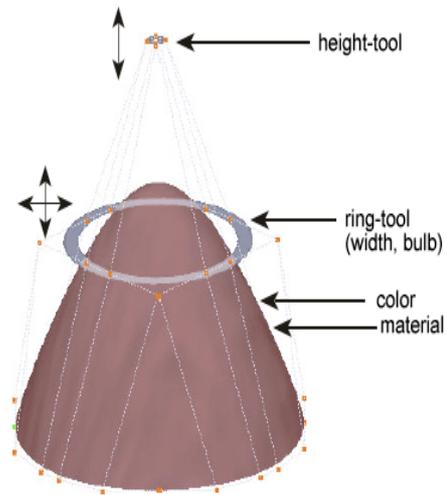


Abbildung 65: “3D-model, providing five independent parameters” (Quelle: Schatter et al. [2005]).

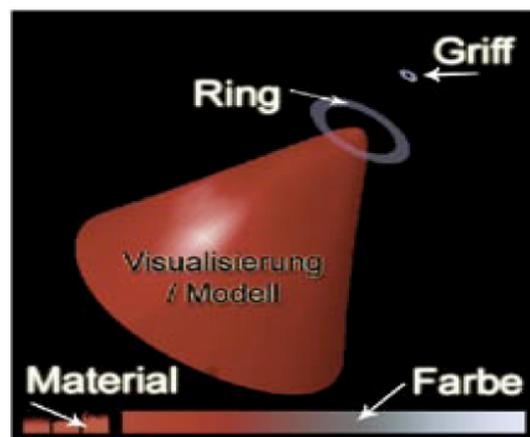


Abbildung 66 visuelle Metapher (Quelle: Schatter [2005], Broschüre anlässlich der International Computer Music Conference [ICMC] Barcelona 2005, zit. n. Dermietzel [2005] S. 48).

Das Mapping funktioniert über programmierbare Fuzzysets. Über die „Personalization“ kann der User entweder manuell oder automatisch die beste Auswahl für seine Verknüpfung von generiertem Sound zu vorgewählten „metaphors“ erstellen:

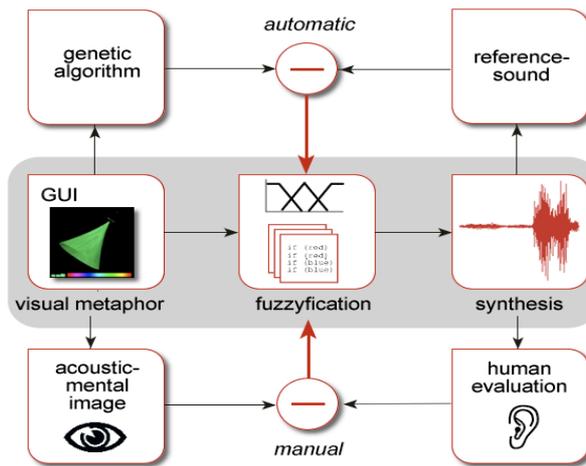


Abbildung 67: „operation modes of the assistant“ (Quelle: Schatter et al. [2005]).

Das Parameter „Material“ visualisiert statische Aspekte des Sounds: soft, neutral, rough. „Color“ reicht von blue („cold sound“) bis red („warm sound“). Parameter „Form“ hat Einfluss auf die Hüllkurvengeneratoren (Height, Width, Bulb), die Verknüpfung ist hier linear oder folgt den Regeln der Fuzzy-Logik.. Abbildung 68 zeigt die 12 „Metaphors“ verwendet vom *Assistant* für die „Personalization“ des Synthesizers:

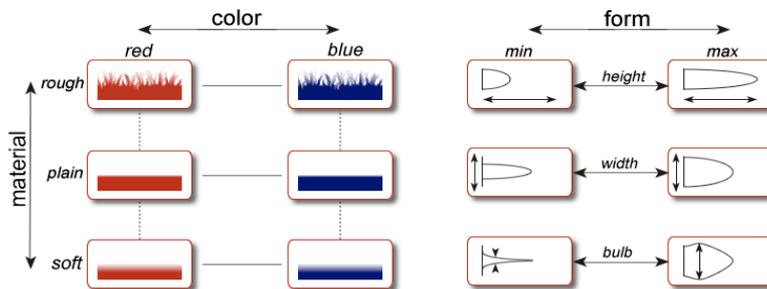


Abbildung 68 (Quelle: Schatter et al. [2005]).

## Ergebnisse von Versuchen

Experimente bei Usern zeigten, dass die These einer Verknüpfung der Wahrnehmung von Form und Sound kaum standhielt. Wegen der Komplexität solcher Fragen wollten die Autoren jedoch keine allgemeine Schlussfolgerung ziehen.

Auch wenn diese Systeme bei weitem nicht der multisensuellen Wahrnehmung gerecht werden, so werfen sie immer wieder die Diskussion einer verständlichen Visualisierung von Sound auf, denn Sound wird heute vorwiegend „visuell“ hergestellt und so wird diese Visualisierung in Zukunft so weit gehen, dass Komponieren im Stillen (also lautlos) ohne Probleme möglich sein wird. (David Toop 2005).<sup>259</sup>

<sup>259</sup> Vgl. David Toop (2005), zit. n. Daurer (2006), S.81

## 5. Synästhesie im Marketing

Wie in Kapitel 3 und 4 beschrieben, müssen laut Haverkamp beim Produktdesign alle Sinnesmodalitäten einbezogen werden, so dass auditiv, visuell und taktil eindeutige und in sich geschlossene Wahrnehmungsobjekte gebildet werden, denn andernfalls kann eine Anmutung verminderter Qualität entstehen.<sup>260</sup> In der Industrie ist man sich der Wirkung des „Klangs“ von Produkten und somit der akustischen „Gestaltung“ der Produkte schon lange bewusst: Beim deutschen Kekshersteller Bahlsen sorgt ein 16-köpfiges Entwicklungsteam für das Sounddesign des Süßgebäcks,<sup>261</sup> in ähnlicher Weise untersuchte man auch in den Sound-Laboren von Kellogg's die Cornflakes.<sup>262</sup> Alle Hersteller von KFZ (vor allem Mercedes-Benz, BMW und Porsche) beschäftigen tagtäglich eigene „Sound-Engineering“-Abteilungen,<sup>263</sup> so werden bei Porsche bis zu 5% der Entwicklungskosten in die wohl klingende Akustik investiert<sup>264</sup>, da laut Porsche-Pressesprecher Stefan Marschall die *„Kunden nicht einfach nur ein Fahrzeug [kaufen], sondern auch ein emotionales Erlebnis“*, das alle Sinne anspricht.<sup>265</sup> Solche *„sinnliche Konsumerlebnisse, die in der Gefühlswelt des Konsumenten verankert sind und ihre Werte, Lebensstile und Einstellungen beeinflussen“*<sup>266</sup>, sind Ziel des noch ziemlich jungen „Erlebnismarketing“, „experiential marketing“. In der Literatur werden mehrere aktuelle Erklärungsansätze des Konsumentenverhaltens (Annäherung- und Meidungsreaktionen) angegeben. Als sehr bekannte und „etablierte“ Ansätze wären z. B. Mehrabian und Russell (Donovan Rossiter) oder der C-E-V-Ansatz von Babin (Consciousness-Emotion-Value-Ansatz) zu nennen. Für einen durchschlagenden Erfolg müssen laut heutigen Kenntnissen möglichst alle Sinne und ihre Wechselwirkungen gezielt gesteuert werden. So schreiben Kroeber-Riel und Weinberg in ihrem Buch *„Konsumentenverhalten“* (deutschsprachiges Standardwerk): *„Die multisensuale Beeinflussung der Konsumenten – über visuelle und akustische Reize, über Duft-, Geschmacks- und Tastreize – wird in Zukunft eine weitaus größere Rolle als bisher spielen.“*<sup>267</sup> Weinberg umfasst mit Design allgemein *„die gesamte sinnlich wahrnehmbare Gestaltung durch Form und Farbe, Geruch, Geschmack und Geräusch“*<sup>268</sup>. In ähnlicher Weise beschreibt Meyer das Produktdesign als *„die gesamten über die verschiedenen Sinne wahrnehmbaren Gestaltungselemente eines Produktes wie Farbe, Oberfläche, Form, Geruch, Geschmack, Geräusche“*.<sup>269</sup> Man darf in Bezug auf die Differenzierung im Wettbewerb nicht zulassen, dass übrige Sinneskanäle ihre Wirkung ungesteuert entfalten, weil nur ein (visuell) oder zwei Sinnebereiche (visuell und auditiv) genutzt

---

<sup>260</sup> Vgl. Haverkamp (2006), S.12

<sup>261</sup> Vgl. Fösken (2006b), S.32, zit.n. Kilian (2007) Audiobranding, S.66

<sup>262</sup> Vgl. Zomer (2005), online, zit. n. Kilian (2007) Audiobranding, S.66

<sup>263</sup> Kilian (2007) Audiobranding, S.66

<sup>264</sup> Vgl. Wolfsgruber (2005), S.166, zit. n. Kilian (2007) Audiobranding, S.67

<sup>265</sup> Fösken (2006), S.73, zit. n. Kilian (2007) Audiobranding, S.67

<sup>266</sup> Weinberg (1992) Erlebnismarketing

<sup>267</sup> Kroeber-Riel Weinberg (1999), S.124

<sup>268</sup> Weinberg (1992), S.7, zit. n. Kilian (2007) Audiobranding, S.220

<sup>269</sup> Meyer (2001), S.5, zit. n. Kilian (2007) Audiobranding, S.220

werden, die heute als „überfüllt“ gelten.<sup>270</sup> Kroeber-Riel geht davon aus, dass nur etwa 1-2 % aller Informationen in den Massenmedien in das Bewusstsein gelangen.<sup>271</sup> Wird die Information auf mehrere Sinnesorgane aufgeteilt, so kann mehr Information verarbeitet werden.<sup>272</sup> Auch die Erinnerungsfähigkeit und Abrufbarkeit bei multisensualer Wahrnehmung wird mit jedem zusätzlich genutzten Sinneskanal erhöht. So zeigte sich bei der international durchgeführten Studie von Millward Brown und Lindstrom,

*„dass Konsumenten, die bei der Rekapitulierung der eigenen Konsumerfahrungen mit den genannten Marken nur einen Sinneskanal als relevant ansahen, nur in 28% der Fälle auf einer 6er Skala den höchsten Wert „erste Wahl“ auswählten. Demgegenüber stieg bei zwei bis drei erinnerten, als relevant eingestuften Sinnen der Wert auf 43% und bei vier bis fünf Sinnen auf 59%.“<sup>273</sup>*

In der durchgeführten Studie von Millward Brown und Lindstrom<sup>274</sup> wurden auch Konsumenten nach der relativen Wichtigkeit der einzelnen Sinne für die Bewertung von Kaufentscheidungen befragt:<sup>275</sup>

<b>Produktkategorie</b>	<b>Sehen</b>	<b>Hören</b>	<b>Fühlen</b>	<b>Schmecken</b>	<b>Riechen</b>
Sportbekleidung	86,6	10,2	82,3	8,4	12,5
Home Entertainment	85,6	81,6	11,6	10,7	10,8
Auto	78,2	43,8	49,1	10,6	18,4
Telefon	68,9	70,2	43,9	8,0	8,9
Seife	36,0	6,7	61,5	5,6	90,2
Eiscreme	34,9	6,8	21,7	89,6	47,0
Soft Drink	29,6	13,2	15,1	86,3	56,1
Fast Food	26,3	12,0	10,4	82,2	69,2
Hinweis: Prozentualer Anteil der beiden höchsten Wichtigkeitsstufen auf einer 5-er Likert Skala (von „am wichtigsten“ bis „am wenigsten wichtig“)					

<sup>270</sup> Vgl. Kilian (2007) Audiobranding, S.214

<sup>271</sup> Vgl. Kroeber-Riel/Weinberg (1999), S.90

<sup>272</sup> Vgl. Norretrander (2001), zit. n. Häusel (2004), S.84; Kilian (2007) Audiobranding, S.217

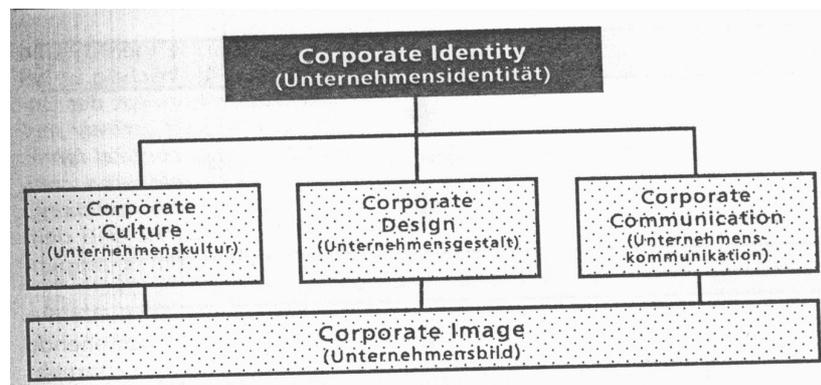
<sup>273</sup> Vgl. Lindstrom (2005), S.69, 140 sowie Fösken (2006), S.74, zit. n. Kilian (2007) Audiobranding, S.222

<sup>274</sup> Zur Grafik der Studie siehe Millward Brown (2005), unveröffentlichte Studienergebnisse, zit. n. Kilian (2006) Audiobranding, S.216.

<sup>275</sup> Kilian (2007) Audiobranding, S.215

Wie diese Studie von Millward Brown zeigt, sind die Wichtigkeiten der einzelnen Sinne abhängig von der Produktkategorie. Während bei Autos und Telefonen der Seh-, Hör- und Tastsinn den größten Einfluss auf die Produkteinschätzung haben, so ist es bei Seife mit gut 90 % der Geruchssinn. Ähnliche Ergebnisse brachte eine Befragung von Information Resources Inc. (IRI) zum Einfluss der Verpackung auf die Kaufentscheidung in deutschen Verbrauchermärkten. Für den Einfluss auf die Kaufentscheidung nannten 34,1 % den Sehsinn, 30,9 % den Riechsinn, 9,8 % den Tastsinn und 3,8 % den Hörsinn. Für 39,7 % spielte keiner der Sinne eine kaufentscheidende Rolle.<sup>276</sup> Auch die Synästhesie ist für die Marketingforschung kein unbekanntes Phänomen<sup>277</sup>. Im Marketing bezeichnet man als Irradiation die Beurteilungsübertragung von einem Produktmerkmal auf ein anderes<sup>278</sup>. Dabei wirkt die Einschätzung einer bestimmten Eigenschaft auf die Beurteilung einer anderen Eigenschaft und führt somit zu einer subjektiven Eindrucksverknüpfung.<sup>279</sup> Solche Sinnesassoziationen können laut Synästhesieforschung als „unechte“ Synästhesien bezeichnet werden (siehe Kapitel 1). So beeinflusst beispielsweise die Farbe von Margarine den wahrgenommenen Fettgehalt.<sup>280</sup>

In der heutigen Literatur wird das Produkt- und Verpackungsdesign als einzelnes (primäres) Markenelement innerhalb einer gesamten Markenidentität (corporate identity) betrachtet, das aber je nach Produktkategorie unterschiedlich wichtig ist. Aaker (1996) definiert die Markenidentität als „*a unique set of brand associations that the brand strategist aspires to create or maintain. These associations represent what the brands stands for and imply a promise to customers from the organization member*“.<sup>281</sup> Nach Burmann und Meffert (2005) ist die Markenidentität „*das bestimmende Konstrukt, welches eine Marke authentisch werden lässt und sie nachhaltig differenziert*“.<sup>282</sup> Regenthal (1992) bezeichnet die Corporate Identity als „*Summe aller Aktivitäten, mit denen sich das Unternehmen/die Organisation vor Mitarbeitern, den Zielgruppen und der Öffentlichkeit präsentiert*“. Das Ergebnis der Wirkung der Corporate Identity ist das Corporate Image (Markenimage):



<sup>276</sup> Vgl. Saal (2006), S.23, zit. n. Kilian (2007) Audiobranding, S.216

<sup>277</sup> Vgl. Kilian (2007) Audiobranding, S.217

<sup>278</sup> Vgl. Kroeber-Riel/Weinberg (1999), S.123 u. S.304 sowie Baumgarth (2004), S.77, zit. n. Kilian (2007) Audiobranding, S.218

<sup>279</sup> Vgl. Kroeber-Riel/Weinberg (1999), S.304, und Baumgarth (2004), S.77, zit. n. Kilian (2007) Audiobranding, S.218

<sup>280</sup> Vgl. Linxweiler (2004), S.68, zit. n. Kilian (2007) Audiobranding, S.218

<sup>281</sup> Aaker (1996), S.68, zit. n. Kilian (2007) Audiobranding, S.55

<sup>282</sup> Burmann/Meffert (2005), S.39, zit.n. Kilian (2007) Audiobranding, S.55,

Die Markenidentität wird meist ausgehend von der Mission und den Werten der Unternehmensphilosophie abgeleitet<sup>284</sup>: die Unternehmensphilosophie zieht sich somit wie ein roter Faden (DNA, „Marken-DNA“ [Keller 2003]<sup>285</sup>) durch alle Identitätsebenen der Markenidentität (corporate identity). Sie wirkt sich auf die Unternehmenskultur, Design, Kommunikation aus.<sup>286</sup> Die Unternehmensphilosophie stellt somit den Kern der Corporate Identity dar. Die Corporate Identity kann sich nur dann richtig entwickeln, wenn die Vorgehensweise ganzheitlich an das äußere Erscheinungsbild einer Unternehmung konzipiert wird, da die einzelnen Identitätsparameter stark korrelieren.<sup>287</sup> Gleiches gilt für das ganzheitliche Auditive Branding, das Ringe (2005) als „Acoustic Corporate Identity“ bezeichnet, um es von den einzelnen Audio Branding der Marken oder Produkte eines Unternehmens zu unterscheiden. (siehe später Audio Branding). So verfügen Unternehmen wie Siemens oder Virgin über ein Markenhaus (Branded House), bei dem fast alle Produkte unter der Unternehmensmarke angeboten werden. Unternehmens- und Markenidentität sind in dem Fall deckungsgleich. Unternehmen wie Procter & Gamble oder Unilever verfügen jedoch über ein „Haus der Marken“ (House of Brands) mit vielen separaten Einzelmarken. In dem Fall können Unternehmens- und Markenidentität mehr oder weniger stark voneinander abweichen.<sup>288</sup> Die Acoustic Corporate Identity muss jedoch als logische und konsequente Weiterführung der übergeordneten Corporate Identity betrachtet werden<sup>289</sup>. Abbildung 64 zeigt, wie das Markenimage (Corporate Image) aus der Markenidentität (Corporate Identity) abgeleitet werden kann:

---

283 zit. n. Ringe (2005), S.55

284 Kilian (2007) Audiobranding, S.54

285 Keller (2003), S.45 u. S.153 ff.

286 Ringe (2005), S.54

287 Ring (2005), S.54

288 Kilian (2007) Audiobranding, S.54

289 Ringe (2005), S.54

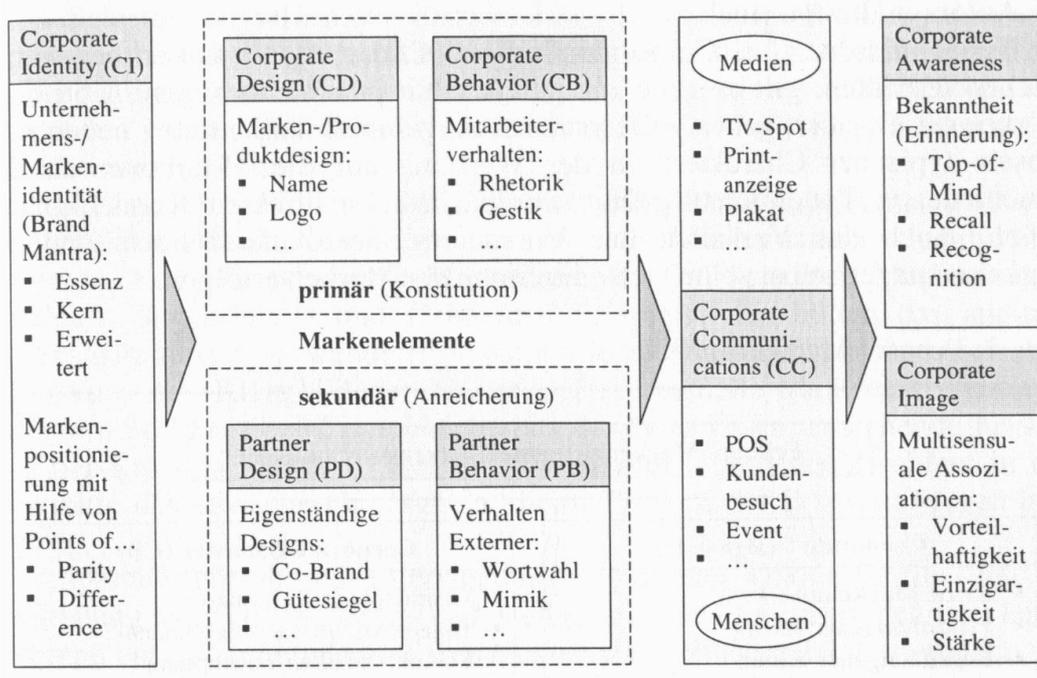
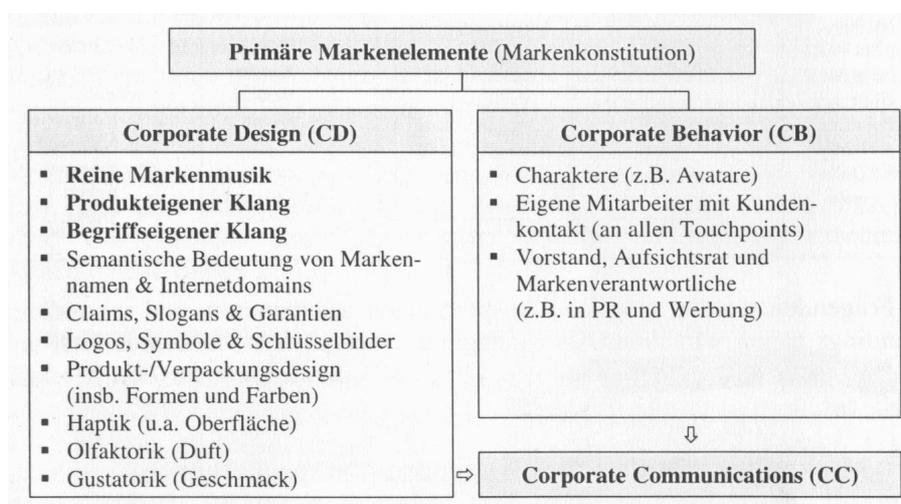


Abbildung 70 (Quelle: Kilian [2006], Audiobranding).

Neben der Festlegung der Markenidentität nach Aaker (Essenz, Kern, Erweitert) gilt es in einem nächsten Schritt die Markenpositionierung abzuleiten, die beschreibt, wie die Identität der Zielgruppe kommuniziert wird bzw. wie sie sich von dem Wettbewerber hervorheben kann. Zur Umsetzung der Markenpositionierung müssen primäre (Muss-Branding) und sekundäre (Kann-Branding) Markenelemente ausgewählt und ausgestaltet werden.<sup>290</sup> Primäre und Sekundäre Markenelemente sind in den nachfolgenden Tabellen<sup>291</sup> aufgezählt, sie gelten als Bindeglied zwischen der Markenidentität und der Markenkommunikation:



<sup>290</sup> Vgl. Kilian (2007) Audiobranding, S.56

<sup>291</sup> Kilian (2006) Audiobranding, S.58 u. S.63



Abbildung 71 und 72 (Quelle: Kilian [2006] Audiobranding).

Schon der Markenname alleine muss auf mögliche Assoziationen untersucht werden, so können mit dem Klangbild der Namen selbst schon Markeninhalte transportiert werden: „Crunchies“ klingt bereits wie der beim Essen entstehende Knack-Knusper-Knirsch-Sound, der Zischlaut von „Bizzl“ soll auf das erfrischende „bizzeln“ beim Trinken der Erfrischungsgetränkes erinnern. Aber auch Vokale haben Einfluss auf die Vorstellung von Größe, Form und Helligkeit eines Objektes: „a“ lässt auf größere, „i“ auf kleinere Gegenstände schließen. Mit den stimmhaften (weich klingenden) Konsonanten wie „l“, „m“, „n“, „v“, und „w“ wird „Weiblichkeit“, „Sanftheit“ oder „Harmonie“ assoziiert: Beispiele wären „Nivea“, „Wella“, oder „Always“. Mit stimmlosen (hart klingenden) Konsonanten wie „k“, „p“ oder „t“ wird „Männlichkeit“, „Dynamik“ oder „Technik“ assoziiert: Beispiele wären „KitKat“, „Pattex“, „Tigra“.<sup>292</sup>

## 5.1. Audio Branding

Dass Musik Emotionen auslösen kann, die dann zu emotionalen Reaktionen führen können, ist schon sehr lange bekannt. Seit den 50er Jahren haben Psychologen die Wirkung von Musik untersucht und in zahlreicher Literatur veröffentlicht.<sup>293</sup> Auf der 2. Internationalen Fachkonferenz für Synästhesieforschung der Med. Hochschule Hannover 2006 hat Frederik Nagel in seinem Vortrag „Chills“ als synästhetische Phänomene (metaphorische Synästhesie, siehe Kapitel 1) bezeichnet, bei denen ein auditiver Input wahrgenommen und physisch empfunden wird.<sup>294</sup> Chills sind „*highly pleasurable emotions denoted by shivers down the spine or goose bumps*“<sup>295</sup>, die bei Musik oder Musikpassagen ausgelöst werden können. Wichtige Vertreter der Chillforschung sind Goldstein (1980), Sloboda (1991) und Panksepp (1995), die vor

<sup>292</sup> Vgl. Kilian (2007) Audiobranding, S.59

<sup>293</sup> Bruhn (2006) Audiobranding, S.21

<sup>294</sup> Frederik Nagel (2006)

<sup>295</sup> Panksepp (1995)

allem nach den Auslösern dieses Phänomens suchten. Chills tauchen vor allem bei signifikanter Erhöhung der Lautheit in dem Frequenzspektrum 8-18 Bark (920-4400 Hz) oder auch in Änderungen von psychoakustischen Parametern wie Rauigkeit oder Tone-to-noise Ratio auf (siehe Wilfing 2007). Weil Musik omnipräsent sein und sich der Mensch diesem Reiz nicht entziehen kann, ist sie auch für das Marketing von besonderer Bedeutung (Stichwort: „Funktionelle Musik“<sup>296</sup>). So schreibt Kilian (2006), dass *„allen akustischen Markenelementen gemeinsam ist, dass sie emotional wirken und Wiedererkennen von Marken auch jenseits der Aufmerksamkeit und außerhalb des Gesichtsfeldes ermöglichen.“*<sup>297</sup> Details über die zahlreichen Untersuchungen der Wirkung von Musik würde den Rahmen meiner Projektarbeit sprengen, ich möchte in diesem Kapitel nur auf den Prozess des Audiobranding in seinem synästhetischen Kontext eingehen, denn es gilt besonders bei der Erstellung eines ganzheitlich und multidimensional konzipierten Erscheinungsbildes eines Unternehmens, dass *„Graphiker und Audio-Experten interdisziplinär zusammenarbeiten, um somit die Konvergenz in allen Medien zu gewährleisten“*.<sup>298</sup>

In Literatur und Praxis wird für Audiobranding bisher kein einheitlicher Begriff verwendet: Begriffe wie „Markenklang, Audiobranding, Sound Branding, Brand Sound, Corporate Sound, Sonic Branding oder Acoustic Branding“ werden synonym verwendet.<sup>299</sup> Ringe bezeichnet mit „Acoustic Corporate Identity „das „akustische Gesamtkonzept eines Unternehmens“, das als Weiterführung der Corporate Identity gilt und die das Design der untergeordneten Audio Brandings bestimmt.“<sup>300</sup> Die folgende Abbildung zeigt den Zusammenhang zwischen Acoustic Corporate Identity und Audio Branding:

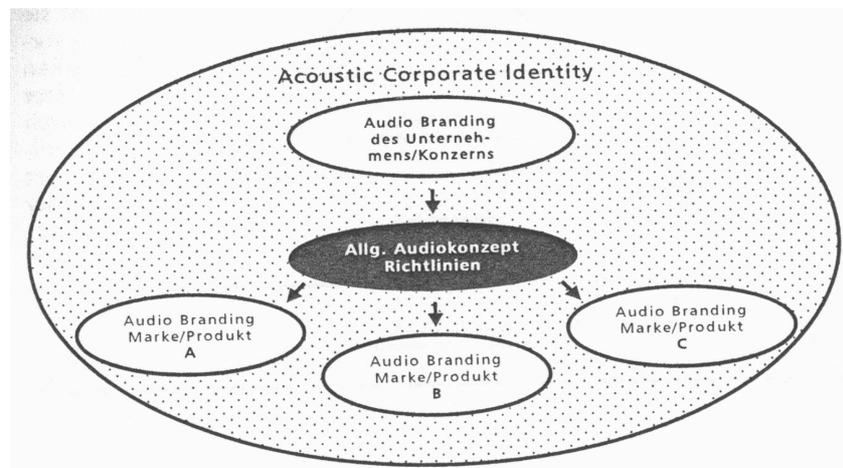


Abbildung 73 (Quelle: Ringe [2005], S. 51).

Als Beispiel nennt Ringe einen Pflegemittelhersteller, bei dem eine zielgruppenspezifische Differenzierung durch Audiobranding z. B. so aussehen würde, dass ein Shampoo für Frauen mit weicher Musik und das Männer-Duschgel der gleichen Marke (oder anderer Marke) mit harter Musik untermalt wird.<sup>301</sup>

296 Siehe Ringe (2006), S.28

297 Kilian (2007) Audiobranding, S.64

298 Ringe (2005), S.59

299 Kilian (2007) Audiobranding, S.63

300 Ringe (2005) S.51

301 Vgl. Ringe (2005) S.51

Kilian (2006) hat eine interessante Typologie akustischer Markenelemente erstellt, bei denen die Markenelemente nach primär, sekundär, externe oder interne Wirkung (>Stichwort: internes oder externes Marketing), die Nutzung kontrollierbar oder nicht kontrollierbar, unterschieden werden:

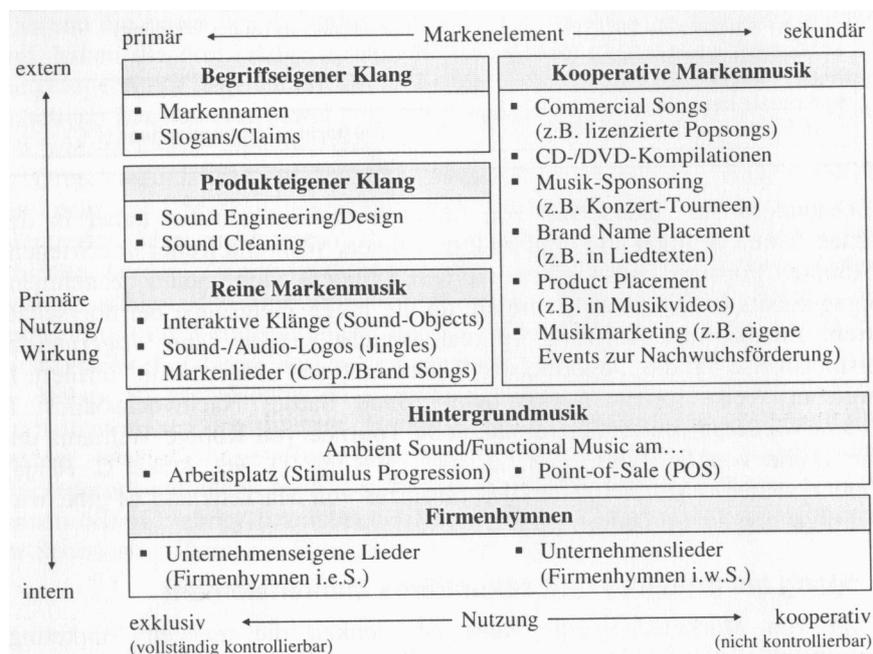


Abbildung 74: Kilians Typologie (Quelle: Kilian [2006].)

Als Audio Branding wird laut Ringe (2005) das auditive Markenzeichen als auch der Erstellungsprozess (die Erzeugung) des auditiven Markenzeichens (Audio Branding) bezeichnet. In Ringe (2005), Krugmann & Langeslag (2006) Audiobranding und Langeslag & Hirsch (2003) wird das Arbeitsmodell der „Audio consulting Group“ ACG London/Hamburg beschrieben:

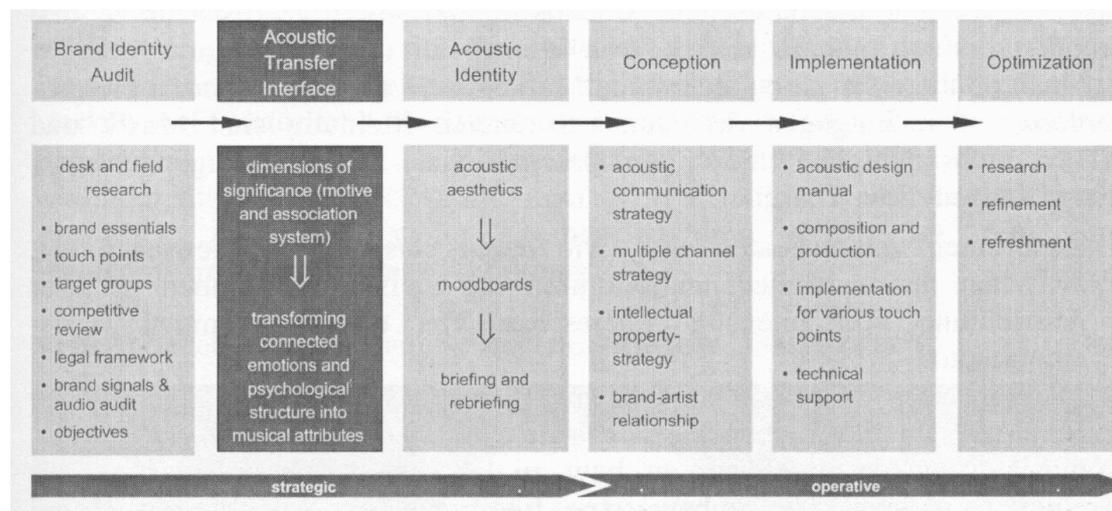


Abbildung 75 (Quelle: Krugmann & Langeslag [2007] Audiobranding).

Am Anfang des akustischen Markenführungsprozesses steht ein Markenaudit, in dem

analysiert wird, was die Corporate Identity des Unternehmens ausmacht.<sup>302</sup> Das Acoustic Transfer Interface (ATI) stellt die Schnittstelle zwischen Unternehmensidentität und Soundidentität dar.<sup>303</sup> Hier werden den einzelnen Unternehmenseigenschaften bestimmte Soundcharakteristika zugeordnet<sup>304</sup>. Die daraus entstehende Sound Identity des Unternehmens gilt es in einem Transformationsprozess möglichst genau nach den Vorgaben als hörbares Erlebnis zu realisieren.<sup>305</sup> „Diese Markenattribute müssen in eindeutige, akustisch operationalisierbare Begriffe umgesetzt werden, damit eine einmalige akustische Markenidentität entsteht, die zur Marke passt.“<sup>306</sup>

## 5.2. Fallbeispiele

Fallbeispiele für eine Umsetzung der Markenidentität in der Literatur sind die Deutsche Telekom AG (Ringe 2005, Kilian 2006, Audiobranding), Siemens AG (Ringe 2005), Samsung (Aaron Day 2006, Audiobranding), Vattenfall AG (Nerpin et al. 2006, Audiobranding).

Bei der Entwicklung der Acoustic Corporate Identity der Deutschen Telekom AG wurde besonders darauf geachtet, dass das visuelle und das auditive Design harmonisieren, wie dies schon im Konzernlogo deutlich wird:



Abbildung 76: „Logo und Markenklang der Deutschen Telekom“ (Quelle: Ringe [2005]).

Je nachdem, ob das visuelle Logo in einer multimedialen Inszenierung links oder rechts positioniert ist, baut sich auch die Animation der vier grauen Punkten („Dots“ genannt) und des T mit den Tönen der Audiosignatur entsprechend von links oder rechts auf, wie in Abbildung 76 und 77 ersichtlich ist:

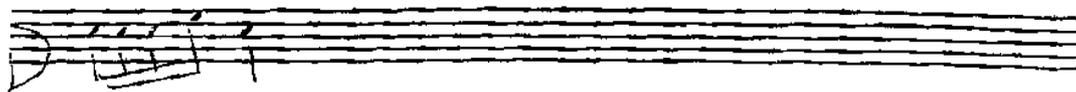


Abbildung 77: Deutsche Telekom AG Hörmarke (Quelle: Markenregister Harmonisierungsamt für den Binnenmarkt Alicante <http://oami.europa.eu> Markennummer: 001416858, Gemeinschaftsmarke).

<sup>302</sup> Vgl. Krugmann & Langeslag (2006) Audiobranding, S.75

<sup>303</sup> Ringe (2005), S.58

<sup>304</sup> Langeslag & Hirsch (2003), S.241, zit. n. Ringe (2005), S.58

<sup>305</sup> Ringe (2005), S.58

<sup>306</sup> Krugmann & Langeslag (2005), S.76

Mit jedem Ton erscheint ein visuelles Element, wobei das visuelle Erkennungszeichen T eine Terz höher klingt. Somit wird dieses Logo auch synästhetischen Assoziationen (siehe Kapitel 3) gerecht.<sup>307</sup>

Bei der Realisierung der Acoustic Corporate Identity der Siemens AG gab es schon ein Prinzip, welches in allen Design-Dimensionen Anwendung finden sollte: Das Fibonacci-Prinzip, auch allgemein als „Goldener Schnitt“ bekannt. Siemens äußert sich über die Verwendung dieses Prinzips folgendermaßen: „*Fibonacci ermöglicht beides: die Erkennbarkeit des notwendigen visuellen Gesamtzusammenhangs und den besonderen Freiheitsgrad der damit verbundenen Gestaltungsgrundsätze.*“<sup>308</sup>. Gerstner (1986)<sup>309</sup> schreibt, dass die Beurteilung von Farbintervalle, Musikintervalle sowie von Körperproportionen den Regeln des Goldenen Schnittes entspricht.

Eine Besonderheit der musikalisierten Fibonacci-Reihen ist eine bleibende Wiedererkennung trotz des Überraschungsmoments. Egal ob man diesem Prinzip nun Glauben schenken soll oder nicht, im Audio Branding wurde versucht ihm zu folgen. So hat man in der akustischen Signatur von Siemens **vier** aufeinander folgende Töne genommen, deren synkopische Rhythmik nach der Fibonacci-Zahlenreihe 1-1-2-3 gebildet wurde, so wie auch die Intervallabstände der melodisch aufsteigenden Tonfolge nach dieser Reihe erstellt werden, wie in Abbildung 77 ersichtlich ist. Die Viertertonfolge wird im sogenannten „Closing“ bei Abschluss eines Werbespots durch einen sogenannten **fünften** Inszenierungston erweitert.<sup>310</sup>



Abbildung 78: Hörmarke der Siemens AG (Markenregister Harmonisierungsamt für den Binnenmarkt Alicante <http://oami.europa.eu> Markennummer: 003093739, Gemeinschaftsmarke).

---

<sup>307</sup> Vgl. Ringe (2005), S.72; Kilian (2007) Audiobranding, S.59 u. S.60

<sup>308</sup> Siemens (2003), S.1, zit. n. Ringe (2005)

<sup>309</sup> Gerstner (1986), S.122 zit. n. Flecker (1997), S. 42

<sup>310</sup> Ringe (2005), S.86; Bronner (2007), S. 78ff.

## **Schlusswort / Kritik**

Diese Projektarbeit ist und bleibt unvollständig, da die Wissenschaft fortwährend neue Erkenntnisse über das Einzelphänomen Synästhesie oder die „synästhetische“ Wahrnehmung liefert. Die Synästhesieforschung führte zur genaueren Untersuchung der menschlichen Wahrnehmung und brachte somit Erkenntnisse, die sehr vielseitig eingesetzt werden können, wie meine Arbeit beschreibt. Haverkamp wird 2008 ein Buch über „Synästhetisches Design“ publizieren, aus dem ich mir neueste Erkenntnisse aus diesem Bereich erhoffe. Die Zukunftsvision von Haverkamp<sup>311</sup> sieht dahingehend aus, dass möglichst alle funktionalen Geräusche und Signale über ein zentrales System synthetisch erzeugt werden, auch durch Einsatz von ANC. Bei aller Freude für die Wissenschaft, endlich mehr über die multisensuelle Wahrnehmung zu erfahren, muss man diese Vision letztendlich auch kritisch betrachten.

---

<sup>311</sup> Haverkamp (2006) Audiobranding, S.243

## Literatur- und Abbildungsverzeichnis

- Aaker (1996): Aaker D. A.: *Building Strong Brands*. The Free Press, New York 1996.
- Aaron Day (2006) Audiobranding: Bronner Kai/Hirt Reinhard: *The Samsung Global Sound Project: Cross-culture innovation*. Fischer Verlag , Stuttgart (2007), S.255.
- Alais David & Burr David (2004): Alais David/Burr David: *The ventriloquist effect results from near-optimal bimodal integration*. Current Biology, Vol.14 (2004), S. 257-262 (nicht eingesehen).
- Amt der Europäischen Union für die Eintragung von Marken und Geschmacksmustern, eingesehen auf <http://oami.europa.eu/ows/rw/pages/QPLUS/databases/searchCTM.de.do>, am 9.12.2008
- Anschütz (1927 a): Anschütz Georg: *Untersuchungen über komplexe musikalische Synopsie (Sonderfälle Max Gehlsen, Hugo Meier und Dr. H. Hein)*, in: Anschütz Georg (Hg.): *Farbe-Ton-Forschungen. Bd.1*: Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig (1927) (nicht eingesehen).
- Anschütz (1953): Anschütz Georg: *Psychologie-Grundlagen, Ergebnisse und Probleme der Forschung*. Richard Meiner Verlag, Hamburg (1953). (nicht eingesehen).
- Anschütz (1927 b): Anschütz Georg (Hg.): *Farbe-Ton-Forschungen. Bd.1*, Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig (1927).
- Armel und Ramachadran (1999): Armel K. C./Ramachandran V. S.: *Acquired synesthesia in retinitis pigmentosa*. Neurocase 5, (1999), S. 293-296 (nicht eingesehen).
- Aubergé & Cathiard (2003): Aubergé Véronique/Cathiard Maire: *Can we hear the prosody of smile?* Speech Communication 40, (2003), S. 87-97 (nicht eingesehen).
- Aures (1985): Aures W.: „*Ein Berechnungsverfahren der Rauigkeit*“, Acustica 58, (1985), S. 268-281
- Baron-Cohen et al. (1993): Baron-Cohen/S. Harrison/J. E. Goldstein/L. H. Wyke,: *Coloured speech perception: is synaesthesia what happens when modularity breaks down?* Perception 22, (1993), S. 419-426 (nicht eingesehen).
- Baumgarth (2004): Baumgarth C.: *Markenpolitik*, 2. Auflage . Wiesbaden: Gabler (2004) (nicht eingesehen).

Bech und Zacharov (2006): Bech Soren and Zacharov Nick: *Perceptual Audio Evaluation-Theory, Method, Application*. John Wiley & Sons Ltd. (2006).

Behne (1992): Behne Klaus-Ernst: *Am Rande der Musik: Synästhesien, Bilder, Farbe...* in: *Musikpsychologie*, Bd.8., Noetzel, Wilhelmshaven (1992), S.94-120 (nicht eingesehen).

Behne (1995): Behne Klaus-Ernst: *Wirkungen von Musik*, in: Helms S./Schneider R./Weber R.: *Kompendium der Musikpädagogik*. Bosse, Kassel (1995) (nicht eingesehen).

Bertin (1974): Bertin, Jacques: *Graphische Semiologie. Diagramme, Netze, Karten*. Übers. und bearb. nach der 2. franz. Aufl., Walter de Gruyter, Berlin/New York (1974) (nicht eingesehen).

Beskow et al (2004): Beskow J/Karlsson I/Kewley J/Salvi G (2004): SYNFACE - A Talking Head Telephone for the Hearing-impaired, in: K Miesenberger/J Klaus/W Zagler/D Burger (Hg.): *Computers helping people with special needs*. Lecture Notes in Computer (2004).

Bleuler und Lehmann (1881): Bleuler E./Lehmann: *Zwangmäßige Lichtempfindungen durch Schall und verwandte Erscheinungen*. Fues Verlag, Leipzig (1881) (nicht eingesehen).

Bregman (1999): Bregman Albert S.: *Auditory scene analysis. The perceptual organization of sound*. A Bradford Book., The MIT Press, Cambridge, Massachusetts (1999) (nicht eingesehen).

Bruhn (2006) Audiobranding: Bruhn Herbert: *Musik als Repräsentation von vorgestellten Handlungen - Ausdrucksmodelle und die Wirkung von Musik*, in: Bronner Kai/Hirt Rainer (Hg.): *Audiobranding. Entwicklung, Anwendung, Wirkung akustischer Identitäten in Werbung, Medien und Gesellschaft*. Verlag Reinhard Fischer, Stuttgart (2006).

Bronner (2007): Bronner Kai: *Audiobranding. Akustische Markenkommunikation als Strategie der Markenführung*. Grin Verlag, München (2007).

Büring (2008): Vorlesungsfolien „Information Visualization“: Vorlesung WS 2007/2008 <http://www.medien.ifi.lmu.de/lehre/ws0708/iv/Perception.pdf> (eingesehen am 15.9.2008 Institut für Informatik, Ludwig-Maximilians-Universität München).

Burmann und Meffert (2005): *Theoretisches Grundkonzept der identitätsorientierten Markenführung*, in: Meffert H./Burmann C./Koers M. (Hg.): *Markenmanagement*. 2. Auflage, Gabler, Wiesbaden (2005) (nicht eingesehen).

Cardozo und van Lieshout (1981): Cardozo B. L./van Lieshout R.: „Splitting Sound Annoyance into Two Components Level and Sound Character“. Annual Progress Report 16, IPO, (1981b).

Christoph von Camphausen (1993): Christoph von Camphausen: *Die Sinne des Menschen. Einführung in die Psychophysik der Wahrnehmung*. Thieme, Stuttgart/New York (1993) (nicht eingesehen).

Cytowic (1989): Richard Cytowic: *Synesthesia: A union of senses*. Springer Verlag, New York (1989)

Cytowic (1993): Richard Cytowic: *The Man who tastes shapes*. Putnam, New York (1993)

Cytowic (1993): Richard Cytowic: *Farben hören, Töne schmecken. Die bizarre Welt der Sinne*. Berlin (1993). Originalausgabe: *The Man who tastes shapes*. Putnam, New York.

Cytowic (1995): Richard Cytowic: *Synesthesia: Phenomenology and neuropsychology. A review of current knowledge*. *Psyche* 2 (10), (1995), S. 1-17 (<http://psyche.cs.monash.edu.au/v2/psyche-2-10-cytowic.html>) (eingesehen am 15.9.2008).

Cytowic (1996): *Farben hören, Töne schmecken. Die bizarre Welt der Sinne*. dtv München (1996). Originalausgabe: *The Man who tastes shapes*. New York: Putnam

Cytowic (2002a): Richard Cytowic: *Wahrnehmungs-Synästhesie*, in: Adler H./Zeuch V. (Hg.): *Synästhesie, Interferenz-Transfer-Synthese der Sinne*, S. 7-24

Cytowic (2002b),Cytowic (2002): Richard Cytowic: *Synaesthesia: a union of senses*. MIT Press, Cambridge, Mass (2002).

DAGA 2005 Programm: Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Akustik 2005 (Deutsche Gesellschaft für Akustik DEGA) (eingesehen in [www.dega-akustik.de/publikationen/daga/DAGA\\_05\\_Programmheft.pdf](http://www.dega-akustik.de/publikationen/daga/DAGA_05_Programmheft.pdf), am 15.9.2008).

Daniel&Weber (1997): Daniel P./Weber R.: „*Psychoacoustical Roughness: Implementation of an optimized Model*“, *Acustica* Vol.83, (1997), S. 113-123 (nicht eingesehen).

Daurer (2006): Gerhard Daurer: *Add.value. Ein Überblick der Verknüpfungen von visuellen zu akustischen Attributen*. Diplomarbeit Fachhochschule Salzburg (2006) (eingesehen in <http://www.textfeld.at/download/1106.pdf> am 15.9.2008).

Dermietzel (2005): Dermietzel Markus: "*Synaesthetic Sound Synthesis*" *Synästhesie als natürliches Modell für die dreidimensionale Visualisierung von Klangfarbe*. Diplomarbeit (2005), Kunsthochschule für Medien Köln (eingesehen in: [http://www.gro.de/media/gro\\_syn\\_de\\_ebook.pdf](http://www.gro.de/media/gro_syn_de_ebook.pdf) am 9.12.2008)

Dixon (2004): Dixon Mike J./Smilek Daniel/Merikle Philip M: "*Not all synaesthetes are created equal: Projector versus associator synaesthetes*" *Cognitive Affective, & Behavioural Neuroscience* 4(3) .(2004)., S.335-343 (nicht eingesehen).

Ekman (1938): Ekman, Karl: *Sibelius Jean: His life and personality*. Translated from

the Finnish by Edward Birse.: Alfred A. Knopf, New York (1938) (nicht eingesehen).

Emons (1987): Emons, Hans: *Das mißverstandene Modell. Zur Rolle der Musik im abstrakten Film der zwanziger Jahre*, in: Klaus-Ernst Behne (Hrsg.): *film-musik-video oder Die Konkurrenz von Auge und Ohr*, S. 51-64. Gustav Bosse Verlag, Regensburg (1987).

Emons (2000): Emons, Hans: „Musik des Lichts“. *Tonkunst und filmische Abstraktion*, in: Josef Kloppenburg (Hrsg.), *Musik multimedial: Filmmusik, Videoclip, Fernsehen*, S. 231-258. Laaber (2000) (nicht eingesehen).

Emrich/Schneider/Zedler (2004): Emrich Hinderk / Schneider Udo / Zedler Markus: *Welche Farbe hat der Montag? Synästhesie: Das Leben mit verknüpften Sinnen*. 2. Auflage S. Hirzel Verlag, Stuttgart/Leipzig (2004).

Engnath und Koch (2001): Engnath Viktoria/ Koch Wolf-Günther: *Lärmkarten*, in: Braun Gabriele/Buzin Rainer/Wintges Theodor (Hrsg.): *GIS und Kartographie im Umweltbereich*. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg (2001).

Epstein Eugene zit.n. Daurer (2005), S.45: Epstein Eugene/Lumia Wilfred: ?? (Eingesehen in <http://www.lumia-wilfred.org/content/imagepages/opus161.html> am 15.9.2008).

Fastl (1977): Fastl H.: „*Roughness and temporal masking patterns of sinusoidally amplitude modulated broadband noise*“, in: Evans, E. F./Wilson, J. P. (Hg.): *Psychophysics and Physiology of Hearing*, S. 403-414, , Academic Press, London (1977) (nicht eingesehen).

Feynman (1988): Feynman, Richard: *What Do You Care What Other People Think?* Norton, New York (1988), S. 59 (nicht eingesehen).

Filk et al. (2004): Filk C./Lommel M./Sandbothe M. (Hg.): *Media Synaesthetics. Konturen einer physiologischen Medienästhetik*. Herbert von Halem, Köln (2004) (nicht eingesehen).

Fischinger (1932): Oskar Fischinger: *Sounding Ornaments*, in: Deutsche Allgemeine Zeitung, 8/7/1932. (eingesehen auf: <http://www.oskarfischinger.org/Sounding.htm> am 15.9.2008).

Flecker (1995): Natalia Magdalena Flecker: *Synästhesie. Die Wiederentdeckung einer Fähigkeit*. Diplomarbeit Institut für Musikpädagogik, Hochschule für Musik und darstellende Kunst in Wien (1997) (eingesehen).

Fösken (2006b): Fösken S: *Marken binden Sinne ein*, in: Creditreform Nr. 8 (2006b), S.31-33.

Frederik Nagel (2006): *Programmheft 2. Internationale Fachkonferenz für Synästhesieforschung* <http://www.ics2006.de> Med. Hochschule Hannover Dipl. Math. Frederik Nagel Hochschule für Musik und Theater, Hannover.

Frieling (1968): *Das Gesetz der Farbe. Farbenlehre*. Minden, Göttingen (1968) (nicht

eingesehen).

Gerstner (1986): Gerstner, K.: *Formen der Farben. Über die Wechselwirkung der visuellen Elemente*. Verlag Athenäum, Frankfurt (1986) (nicht eingesehen).

George Don (1981): George Don: *Sweet man: The real Duke Ellington*. G.P. Putnam's Sons, New York (1981), S. 225-226 (nicht eingesehen).

Goldstein (1980): Goldstein, A.: *Thrills in response to music and other stimuli*. *Physiological Psychology*, Vol.8 (1980), S. 126-129.

Grossenbacher et al. (2001): Grossenbacher P.G./Lovelace C.T: *Mechanisms of synesthesia: cognitive and physiological constraints*. *Trends Cogn. Sci.* 5(1), S. 36-41 (2001) (nicht eingesehen).

Harrison (2001): Harrison John: *Synaesthesia: The Strangest Thing*. Oxford University Press, Oxford (2001) (eingesehen).

Häusel (2004): *Brain Script*. Haufe, Freiburg im Breisgau: (2004) (nicht eingesehen).

Haverkamp (2003,engl.): Dr. Michael Haverkamp: *Visualisation of synaesthetic experience during early 20th century-an analytic approach*. International Conference of Synaesthesia, Medizinische Hochschule Hannover März 2003 Köln (2003) (eingesehen in [http://www.michaelhaverkamp.mynetcologne.de/Synaesthesia\\_MHH\\_Haverkamp\\_L\\_Q\\_2003.pdf](http://www.michaelhaverkamp.mynetcologne.de/Synaesthesia_MHH_Haverkamp_L_Q_2003.pdf))

Haverkamp (2003): Dr. Michael Haverkamp: *Visualisierung auditiver Wahrnehmung - historische und neue Konzepte. Ein phänomenologischer Überblick*. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Akustik DAGA 03 Aachen, 18-20.3.2003 Köln, (2003) (eingesehen [http://www.michaelhaverkamp.mynetcologne.de/visualisierung\\_text.pdf](http://www.michaelhaverkamp.mynetcologne.de/visualisierung_text.pdf))

Haverkamp (2004): Dr. Michael Haverkamp: *Audio-Visual Coupling and Perception of Sound-Scapes*. Köln, CFA/DAGA 2004, 22.3.2004-25.3.2004. Strasbourg, France (2004) (eingesehen in [http://www.michaelhaverkamp.mynetcologne.de/Text\\_audio\\_visual\\_coupling\\_B.pdf](http://www.michaelhaverkamp.mynetcologne.de/Text_audio_visual_coupling_B.pdf) am 15.9.2008)

Haverkamp (2005): Dr. Michael Haverkamp: *Synästhetische Wahrnehmung und Geräuschdesign. Grundlagen: Verknüpfung auditiver und visueller Attribute*. Ford-Werke GmbH, Köln (2005) (eingesehen in [http://www.michaelhaverkamp.mynetcologne.de/Syn\\_Wahrn\\_Ger\\_update\\_05\\_HAV.pdf](http://www.michaelhaverkamp.mynetcologne.de/Syn_Wahrn_Ger_update_05_HAV.pdf))

Haverkamp (2006): Dr. Michael Haverkamp: *Beurteilung und Gestaltung von Geräuschen auf Basis intermodaler Analogien*. Veröffentlicht in: Klaus Becker (Hg.): *Subjektive Fahreindrücke sichtbar machen III*. Haus der Technik Fachbuch 56, expert Verlag 2, Renningen (2006).

Haverkamp (2007) Audiobranding: Dr. Michael Haverkamp: *Synästhetische Aspekte*

*der Geräuschgestaltung im Automobilbau* in Bronner Kai/Hirt Rainer (Hg.): *Audio-Branding Entwicklung, Anwendung, Wirkung akustischer Identitäten in Werbung, Medien und Gesellschaft*. Rudolf Fischer Verlag Stuttgart (2007), S.228-244

Haverkamp (2007): Dr. Michael Haverkamp: *Essentials for description of cross-sensory interaction during perception of a complex environment*. Ford Werke GmbH Köln, Inter-noise 2007 Istanbul. (eingesehen in [www.michaelhaverkamp.mynetcologne.de/Cross-Sensual\\_Haverkamp\\_2007.pdf](http://www.michaelhaverkamp.mynetcologne.de/Cross-Sensual_Haverkamp_2007.pdf))

Hein (1927): Heinrich Hein: *Untersuchungen über die Gesetzmässigkeiten der Zuordnung von Farben zu Tönen*, in: Anschütz Georg (Hg.): *Farbe-Ton-Forschungen*. Bd.1.: Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig (1927) (nicht eingesehen).

Höldrich&Pflüger (1998): Höldrich R./Pflüger M.: „*Ein allgemeines Modell für Modulationsparameter*“. Interner Bericht, Institut f. Angewandte Systemtechnik, Akustik und Lärmschutz, Joanneum Research. (1998b).

Horowitz (1970): Horowitz Mardi/Jon M.D.: *Image Formation and Cognition*. Butterworths, London (1970) (nicht eingesehen).

Jacobs et al. (1981): Jacobs L./Karpik A./Bozian D./Gothgen S.: *Auditory-visual synesthesia: sound-induced photisms*. Arch. Neurol. 38 (4), (1981) S. 211-216 (nicht eingesehen).

Jewanski (1995): Jörk Jewanski: *Farbe-Ton-Beziehung*, in: Finscher Ludwig (Hg.): *Die Musik in Geschichte und Gegenwart. Allgemeine Enzyklopädie der Musik*. Bärenreiter/Metzler, Kassel/Basel/London/New York/Prag/Stuttgart/Weimar (1995), S. 345-371 (nicht eingesehen).

Jewanski (1999): Jewanski Jörg: *Ist C = Rot? Eine Kultur- und Wissenschaftsgeschichte zum Problem der wechselseitigen Beziehung zwischen Ton und Farbe: von Aristoteles bis Goethe*. Sinzig: Studio Verlag, Schewe (1999).

Jewanski (2000): Jewanski Jörg: *Wie ein Komet am Sternenhimmel. Die Erstaufführung von Alexander Laszlos Farblichtmusik am 16. Juni 1925*, in: Antje Erben (Hrsg.): *Grenzgänge – Übergänge: Bericht über das 13. Internationale Symposium des Dachverbandes der Studierenden der Musikwissenschaft e.V. Frankfurt am Main*.

Kandinsky (1952): Kandinsky Wassily: *Über das Geistige in der Kunst*. Benteli Verlag, Bern (1952) (nicht eingesehen).

Keates (1996): Keates, J. S. *Understanding Maps*. 2. Aufl., Addison Wesley Longman, Harlow (1996):. (nicht eingesehen).

Keller (2003): Keller K. L.: *Strategic Brand Management*, 2. Auflage, Upper Saddle River, Prentice Hall (2003) (nicht eingesehen).

Kilian (2007) Audiobranding: Kilian Karsten: *Markenlexikon.com*, in: Hg. Bronner Kai / Hirt Rainer: *Audio-Branding*, Würzburg (2007) S. 54-69: *Von der Markenidentität zum Markenklang als Markenelement*, S.214-227: Akustik als

klangvolles Element multisensueller Markenkommunikation.

Kroeber-Riel/Weinberg (1999): Kroeber-Riel W/Weinberg P.: *Konsumentenverhalten* 7. Auflage. Vahlen, München (1999).

Krohn, W.O. (1892): Krohn, W.O: "*Pseudo-chromaesthesia, or The Association of Color with Words, Letters, and Sounds.*" *American Journal of Psychology*; Vol. 5, S. 20-41 (nicht eingesehen).

Krugmann & Langeslag (2006) Audiobranding: Krugmann Dennis/Langeslag Patrick: Akustische Markenführung im Rahmen eines identitätsbasierten Markenmanagements ,in: Bronner Kai/Hirt Rainer (Hg): *Audio-Branding. Entwicklung, Anwendung, Wirkung akustischer Identitäten in Werbung , Medien und Gesellschaft*, Reinhard Fischer, Stuttgart (2007), S. 70 (nicht eingesehen).

Küppers (1989): Küppers Harald: *Harmonielehre der Farben*, Köln (1989) (nicht eingesehen).

Laback (2006): *Skriptum der Vorlesung Psychoakustik 2* (<http://www.iem.at/lehre/skripten/psycho> am 15.9.2008).

Langeslag & Hirsch (2003): Langeslag Patrick/ Hirsch Wilbert: *Acoustic Branding - Neue Wege für Musik in der Markenkommunikation*, in: Brandmeyer/Deichsel/Prill: *Jahrbuch Markentechnik 2004/2005*, S.231-245, Deutscher Fachverlag, Frankfurt (2004).

Leibbrand (1984), Bd. II: Leibbrand, Walter (Hrsg.): *Kartographie der Gegenwart in der Bundesrepublik Deutschland '84*. Herausgegeben im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Kartographie. Bd. II: Beilagen von 300-1 bis 610-7. Bielefeld (1984) (nicht eingesehen).

Levin (2000): Levin Thomas: *Painterly Interfaces for Audiovisual Performance*. Master Thesis, Massachusetts, Institute of Technology, (2000)(nicht eingesehen).

Levin (2003): Levin Thomas: "*Tones from out of Nowhere*": *Rudolph Pfenninger and the Archaeology of Synthetic Sound*. First published in: *Grey Room Journal*; French version, published in *Sons et Lumieres exhibition catalog*, Centre Pompidou, Paris, (2004).

Ligeti (1970): György Ligeti: *Artikulation, elektronische Komposition, realisiert 1958, Hörpartitur von Rainer Wehinger*. B. Schott's Söhne, Mainz (1970). (nicht eingesehen).

Lindsay und Norman (1981): Lindsay Peter H./Norman Donald A.: *Einführung in die Psychologie, Informationsaufnahme und -verarbeitung beim Menschen*. Übersetzt von H.D. Dumpert, F.Schmidt, M.Schuster und M. Steeger. Springer Verlag, (1981) (nicht eingesehen).

Lindstrom (2005): Lindstrom M.: *Brand Sense*. Free Press, New York (2005).

Linxweiler (2004): Linxweiler R.: *Marken-Design*, 2. Auflage. Gabler, Wiesbaden (2004) (nicht eingesehen).

MacEachren (1995): MacEachren, Alan M. (1995): *How Maps Work. Representation, Visualization, and Design*. The Guilford Press, New York, London (1995).

Mahling (1927): Friedrich Mahling: *Das Problem der "Audition colorée"*, in: Anschütz Georg (Hg.): *Farbe-Ton-Forschungen, Bd.1*. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig (1927) (nicht eingesehen).

Maura (2002): Maura McDonnell, in: *Colour and Sound, Visual Music*, (2002) (eingesehen in <http://homepage.tinet.ie/%7Emusima/visualmusic/visualmusic.htm>, am 15.9.2008.)

McGurk/MacDonald (1976): McGurk H./MacDonald J.: *Hearing lips and seeing voices*. *Nature* 264, S. 746-748, (1976).

Medien Kunst Netz: Medien Kunst Netz (o.J.): *Promethee, Alexander Skrjabin*, (eingesehen in <http://mkn.zkm.de/werke/promethee/>, am 15.9.2008).

Meise (2005): Sylvia Meise: *"Wie bunt ist die Welt?"* *Psychologie heute* 07/2005, S. 39-41.

Meyer (2001): Meyer S.: *Produktthaptik*. Gabler, Wiesbaden (2001) (nicht eingesehen)

Millward Brown (2005): siehe Kilian (2007), S.216 (unveröffentlichte Studienergebnisse).

Moritz (1987): Moritz William: *Der Traum von der Farbmusik*, in: Body Veuschka/Weibel Peter (Hg.): *Clip Klapp Bum. Von der visuellen Musik zum Musikvideo*. DuMont Verlag, Köln (1987), S.17-52 (nicht eingesehen).

I. Motte H. (1990): la Motte Helga: *Musik und bildende Kunst*. Laaber (1990) (nicht eingesehen).

Mulvenna (2005): Mulvenna Catherine/Walsh Vincent (2005) *"Synaesthesia"* *Current Biology* 15, Nr. 12/2005, S.399-400 (nicht eingesehen).

Nabokov (1966): Nabokov, Vladimir: *Speak, Memory: An Autobiography Revisited*. Putnam New York, (1966). (nicht eingesehen).

Nerpin et al. (2006) Audiobranding: Nerpin Stefan/Veit Richard/Heller Milo: *The Sound of Vattenfall. Ein Markenversprechen wird vertont*, in: Bronner Kai, Reinhard Hirt (Hg.): *Audio Branding*, Fischer Verlag, Stuttgart (2007)

Norretrander (2001): siehe Häusel (2004)

Panksepp (1995): Panksepp, J. (1995): *The emotional sources of "chills" induced by music*. Music Perception 13, S. 171-207.

Peacock (1985): Peacock Kenneth: *Synesthetic perception: Alexander Scriabin's color hearing*. Music Perception (1985), 2, S. 483-506 (nicht eingesehen).

Peacock (1988): Peacock Kenneth: *Instruments to Perform Color-Music: Two Centuries of Technological Experimentation*, in: Leonardo, 21, S. 397-406. (eingesehen in: <http://rhythmiclight.com/articles/InstrumentsToPerformColor.pdf> am 15.9.2008).

Pütz (1995): Pütz Andreas: *Von Wagner zu Skrjabin*. Gustav Bosse Verlag, Kassel (1995) (nicht eingesehen).

Reetze (1993): *Medienwelten, Schein und Wirklichkeit in Bild und Ton*. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg (1993) (nicht eingesehen).

Regenthal (1992): *Identität und Image - Corporate Identity, Praxishilfen für das Management in Wirtschaft, Bildung und Gesellschaft*, Köln (1993).

Ringe (2005): Ringe Cornelius: *Audio Branding. Musik als Markenzeichen von Unternehmen*. VDL Verlag Dr. Müller (2005) (eingesehen).

Roads (1996): Roads Curtis: *"The Computer Music Tutorial"*. MIT Press, Cambridge Massachusetts/London England, (2005) .

Robertson, Sagiv (2005): Robertson, Sagiv: *Synesthesia. Perspectives from cognitive Neuroscience*. Oxford University Press, Oxford (2005) (nicht eingesehen).

Roederer (1977): Roederer J., *Physikalische und psychoakustische Grundlagen der Musik*. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg (1977) (nicht eingesehen).

Rossiné (1925): Zitat von Rossiné (eingesehen auf <http://optophoniquedeu.heatherodonnell.info/> am 15.9.2008)

Rossiné, D.B. (1997/2005): *Piano Optophonique*, (eingesehen in <http://dbr.club.fr/piano.htm>, abgerufen am 15.9.2008)

Saal (2006): Saal M.: *Deutsche schätzen edle Hüller*, in: Horizont, Nr. 13, 30. 03. 2006, S.23 (nicht eingesehen).

Sabaneev (1911): Sabaneev, Leonid (1911). "*Prometei*" *Skriabina*. *Muzyka*, 13, S. 286-294 (nicht eingesehen).

Schafer (1977): Schafer Murray: *The tuning of the world*. McClland and Steward, Toronto (1977). Deutscher Titel: *Klang und Krach. Eine Kulturgeschichte des Hörens*. Athenäum Verlag Frankfurt a. M., (1988) (nicht eingesehen).

Scharlach (2002): Scharlach Holger: *Lärmkarten. Kartographische Grundlagen und audiovisuelle Realisierung*. Doktorarbeit 2002 Fakultät für Geowissenschaften, Ruhr-Universität Bochum: (eingesehen in: <http://www-brs.ub.ruhr-uni-bochum.de/netahtml/HSS/Diss/ScharlachHolger/diss.pdf> am 15.9.2008)

Schatter et al. (2005): *A synaesthetic approach for a synthesizer interface based on genetic algorithms and fuzzy sets*. Günther Schatter, Emanuel Züger, Christian Nitschke, Bauhaus University Weimar, Faculty of Media, Germany

Scheel (2006): Scheel Susanne: *Musikvisualisierung – Das Zusammenspiel von Farbe und Ton* (2006) (eingesehen in: [http://www.aec.at/en/archiv\\_files/20061/FE\\_2006\\_Susanne\\_Scheel\\_de.pdf](http://www.aec.at/en/archiv_files/20061/FE_2006_Susanne_Scheel_de.pdf) Ars electronica). am 15.9.2008

Sean A. Day (2001): Sean A. Day: *A Brief History of Synaesthesia and Music*, in: [www.thereminvox.com](http://www.thereminvox.com), abgerufen am 21.5.2006 (<http://www.thereminvox.com/article/articleprint/33/-15>) (eingesehen am 15.9.2008).

Sean A. Day (2008) „*famous synesthetes*“ *List of famous synesthetes*: (eingesehen auf [http://home.comcast.net/~sean.day/html/famous\\_synesthetes.html](http://home.comcast.net/~sean.day/html/famous_synesthetes.html) am 15.9.2008).

Shams et al (2000): Shams Ladan/Kamitani Yukiyasu/Shimojo Shinsuke (2000): "*What you see is what you hear*", in: *Nature*, 408, 12/2000, 788.

Siciliano et al. (2002): Siciliano C./Williams G./Beskow J./Faulkner A.: *Evaluation of a multilingual talking face as a communication aids for the hearing impaired*. Speech Hearing & Language UCL departmental working papers in Speech & Hearing Science, (2002).

Siciliano et al. (2003): „*Lipreadability of a Synthetic Talking Face in Normal Hearing and Hearing-impaired listeners*“. (2003) [www.phon.ucl.ac.uk/home/andyf/siciliano\\_avsp\\_final.pdf](http://www.phon.ucl.ac.uk/home/andyf/siciliano_avsp_final.pdf)

Schibli Sigfried (1914): "*Alexander Skrjabin und seine Musik*": Myers 1914: *Two Cases of Synaesthesia* in *British Journal of Psychology* 7/1914/1915, S.112 ff (nicht eingesehen).

Schröter Albert (1925) Farblichtmusik: Schröter Albert: *Die Farblichtmusik*, in: Münchner Illustrierte Presse/Illustrierte Technik, Nr. 18, (1925), S. 94, Abb. 19 (Reproduktion: Photostelle der Bayerischen Staatsbibliothek München). Aus Scheel (2006), (nicht eingesehen).

Sloboda (1991): Sloboda, J.A: *Music structure and emotional response. Some empirical findings*. Psychology of Music 19 (1991), S. 110-120.

Söffing (2005): Söffing Christine (2005): *Synästhesiewerkstatt* (eingesehen auf <http://www.synaesthesiewerkstatt.de/synaesthesie.htm>) am 15.9.2008

Sontacchi (1998): Sontacchi Alois: *Entwicklung eines Modulkonzeptes für die psychoakustische Geräuschenanalyse unter MatLab*, Diplomarbeit 1998, Institut für Nachrichtentechnik und Wellenausbreitung der Technischen Universität Graz (eingesehen in: <http://iem.at/projekte/acoustics/psychoakustik/sontacchi> am 15.9.2008)

Sontacchi (2008): Sontacchi Alois: Vorlesung: *Versuchsdesign in der Psychoakustik* Vorlesungsfolien (eingesehen in <http://iem.kug.ac.at/~sontacchi/> am 15.9.2008).

Spence/Squire (2003): Spence Charles /Squire Sarah : *Multisensory Integration: Mainting the Perception of Synchrony*, in: Current Biology 07/2003,S. 519-521 (nicht eingesehen).

Spens et al (2004): Spens K-E./Agelfors E./Beskow J./Granström B./Karlsson I./Salvi G. (2004):*SYNFACE, a talking head telephone for the hearing impaired*. Proc IFHOH 7th World Congress, (2004).

Springer und Weber (1994): Springer N./Weber R.: „*Existenzbereich der R-Rauhigkeit*“, in: *Fortschritte der Akustik*, DAGA '94, S. 1221-1224, DPG-GmbH, Bad Honnef, (1994) (nicht eingesehen).

St-ULV 19.Mai 2008 Anlage 3: Verordnung der Steiermärkischen Landesregierung vom 19. Mai 2008 über Methoden und technische Spezifikationen für die Erhebung des Umgebungslärms (Steiermärkische Umgebungslärmschutzverordnung – St-ULV). [CELEX-Nr. 32002L0049].

Stevens (1961): Stevens Stanley S.: *The psychophysics of sensory function*, in: Rosenbith, W. A. (Hg.): *Sensory communication*. Cambridge University Press , Cambridge (1961) (nicht eingesehen).

Suarez de Mendoza (1890): Suarez de Mendoza : *L'audition colorée*. Octave Donin, Paris (1890).

Terhardt (1974): Terhardt E.: *On the Preception of Periodic Sound Fluctuation (Roughness)*. Acustica 30 (1974), S. 201-213 (nicht eingesehen).

Terhardt (1984): Terhardt E.: *Wohlklang und Lärm aus psychophysikalischer Sicht*, in: Walcher K. P./Schick A., (Hg.): *Bedeutungslehre des Schalls*, Verlag Peter Lang, Bern (1984), S. 403 (nicht eingesehen).

Terhardt und Stoll (1981): Terhardt E./Stoll G.: „*Skalierung des Wohlklangs (der sensorischen Konsonanz) von 17 Umweltschallen und Untersuchung der beteiligten Hörparameter*“, *Acustica* 48 (1981), S. 248-253 (nicht eingesehen).

The Leonard Bernstein official site: <http://www.leonardbernstein.com/youth.html> (eingesehen am 15.9.2008).

Théodore Flouroy (1893): *Des phénomènes de synopsis*, S. 98. Alcon, Paris (1893).

Toop David (2005): Toop David: *Musik im virtuellen Raum. Von Experimenten der Stille bis hin zu lautlosem, visuellem Musizieren*, in: Droschl Sandro/Höller Christian/Wiltsche Harald (Hg.): *Techno-Visionen. Neue Sounds, neue Bildräume*. Folio Verlag, Wien/Bozen/Graz (2005).

Verordnung St-ULV v. 19. Mai 2008 . Anlage 1: Verordnung der Steiermärkischen Landesregierung vom 19. Mai 2008 über Methoden und technische Spezifikationen für die Erhebung des Umgebungslärms (*Steiermärkische Umgebungslärmschutzverordnung – St-ULV*). [CELEX-Nr. 32002L0049].

Vogel (1975): Vogel A. „*Über den Zusammenhang zwischen Rauigkeit und Modulationsgrad*“, *Acustica* 32,(1975b), S. 300 (nicht eingesehen).

Wagner 1850 : Richard Wagner: *Das Kunstwerk der Zukunft*, in: *Gesammelte Schriften, Bd.3*, Leipzig (1907), S. 42-177 (nicht eingesehen).

Weibel (1987): Weibel Peter: *Von der visuellen Musik zum Musikvideo*, in: Bódy, Veruschka/ (Hg.): *Clip, Klapp, Bum. Von der visuellen Musik zum Musikvideo*. DuMont, Köln (1987), S. 53-164.

Wellek (1927): Albert Wellek: *Die Farbe-Ton-Forschung und ihr erster Kongress*, in: *Zeitschrift für Musikwissenschaft* 9/1927, S. 576-584 (nicht eingesehen).

Wellek (1930): Albert Wellek: *Zur Geschichte der Synästhesie-Forschung*, in: *Archiv für die gesamte Psychologie* 79, S.325-384 (1930) (nicht eingesehen).

Wellek (1954): Albert Wellek: *Farbenhören. MGG-Musik in Geschichte und Gegenwart* 4, S. 1804-1811 (nicht eingesehen).

Werner (1966): Werner Heinz: *Intermodale Qualitäten (Synästhesien)*, in: Metzger Wolfgang (Hg.): *Handbuch der Psychologie. Bd. I, 1.*: Hogrefe Göttingen (1966), S. 278-303.

Widmann (1992): Widmann U.: *Ein Modell der psychoakustischen Lästigkeit von Schallen und seine Anwendung in der Praxis der Lärmbeurteilung*. Dissertation, TU München (1992).

Wilfing (2007): Wilfing Barbara: *Entwicklung einer Methode zur objektiven Messung von Gänsehaut sowie deren Anwendung bei Emotionsinduktion durch Musik*. Diplomarbeit Karl-Franzens-Universität Graz (2007).

Witt (1970): Witt, Werner: *Thematische Kartographie. Methoden und Probleme, Tendenzen und Aufgaben*, 2. Aufl., in: *Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Bd. 49*, Gebrüder Jänecke Verlag, Hannover (1970) (nicht eingesehen).

Wolfsgruber (2005): siehe Kilian (2007) *Audiobranding*.

Würtenberger (1979): F. *Malerei und Musik*, Frankfurt (1979) (nicht eingesehen).

Yastrebtsev V. (1908): Yastrebtsev V.: "*On N. A. Rimsky-Korsakov's color sound-contemplation*." *Russkaya muzykalnaya gazeta*, (1908), N 39-40, S. 842-845 (in Russian), cited by Bulat Galejev (1999) (nicht eingesehen).

Zeitler & Zeller (2006): Zeitler A./Zeller P.: *Psychoacoustic modelling of sound attributes*. SAE technical paper 2006-01-0098 (2006) (nicht eingesehen).

Zeki (1993): Zeki S.: *A Vision of Brain*. Blackwell Scientific, Oxford (1993).

Zomer (2005) online: Zomer M. O.: *Sinnliche Markenführung*, in: *business-wissen.de*, Online im Internet: <http://www.business-wissen.de/de/aktuell/kat10/akt21193.html> (2005) (nicht eingesehen).

Zwicker (1982): Zwicker E: *Psychoakustik*. Springer, Berlin/Heidelberg (1982).

Zwicker & Fastl (1999): Zwicker E./Fastl H.: *Psychoacoustics – Facts and Models*. Springer, Berlin/Heidelberg (1999) (nicht eingesehen).

Zwicker und Fastl (1990): Zwicker E./Fastl H.: *Psychoacoustics*. Springer, Berlin/Heidelberg (1990) (nicht eingesehen).