

Wie und warum in der Geschichte der Klangfarbenforschung meistenteils am Klang vorbeigeforscht wurde

Christoph Reuter

*...wir sind eher bereit,
uns eine falsche Ordnung
zu machen als gar keine
(FRICKE 1995, 364).*

Inhalt

1. Wendepunkte in der Geschichte des Klangfarbenbegriffs
2. Die Anwendung der ASA-Klangfarbendefinition und des Schärfebegriffes in den Untersuchungen von Grey et al. (1977-1978)
3. Die Schumannschen Klangfarbengesetze als Alternative
4. Verwendete Literatur

Verfolgt man die Geschichte der Klangfarbenforschung unter der Fragestellung „Wie und warum entstanden zu bestimmten Zeiten bestimmte Ansichten über das Wesen der Klangfarbe?“, so wird man erkennen, daß häufig am Wesen des Klangs vorbeigeforscht wurde.

1. Wendepunkte in der Geschichte des Klangfarbenbegriffs

In seinem für die musikalische Akustik grundlegenden Werk unterschied Hermann von Helmholtz nach der Ohmschen Übertragung der Fourierschen Berechnungen auf die Akustik den einfachen Ton (= einfache Sinusschwingung) vom Klang (= Überlagerung von mehreren Sinusschwingungen) (HELMHOLTZ ⁶1896, 39, 54-55, 97 u. 118). Auf Begleitgeräusche und typische Ein- und Ausschwingvorgänge ging er zwar auch schon ein (ders. ⁶1896, 102 u. 114-117), aber nur die Zusammensetzung der Obertöne hielt er bezüglich der Klangfarbenempfindung für ausschlaggebend (ders. ⁶1896, 118).

Der Grund für diese Sichtweise wird in den Untersuchungsmethoden von Helmholtz liegen, der in seinen Resonatorversuchen in den meisten Fällen ja auch nur quasistationäre Klänge untersucht hat (wobei er mit der Ansicht, die Grundtonintensität sei in musikalischen Klängen stets die größte (ders. ⁶1896, 129) schon dem Phänomen der Residualtonempfindung unterlag. Dies mutet heute um so schicksalhafter an, da er im selben Buch den damaligen Streit zwischen Ohm und Seebeck, der kurz vor der Entdeckung des Residuums stand, für Ohm entschied (ders. ⁶1896, 105), so daß Seebecks Untersuchungen erst ein Jahrhundert später wieder erneut von J.F. Schouten aufgegriffen wurden).

Carl Stumpf erkannte schon früh, daß die Klangfarbe nicht nur von der Teiltonstruktur abhängig ist, sondern auch von Ein- und Ausschwingvorgängen und Nebengeräuschen (STUMPF 1890, 516f.). So unterteilte er später Klangfarbe im engeren (= Helmholtzschen) Sinne für die Beschreibung der Teiltonstruktur, und Klangfarbe im weiteren Sinne für die Beschreibung der Nebengeräusche und zeitlichen Vorgänge (STUMPF 1926, 390). Diese Betrachtung von Klangfarbe hat sich bis heute als weitestgehend grundlegend erwiesen.

Während die Lautheit durch phon-, dB- und sone-Skalen, die Tonheit durch mel- und bark-Skalen immer besser, gehörsadäquater beschrieben werden konnte, zeigte sich im Laufe der Zeit ebenfalls das Bedürfnis, das vielseitige Phänomen Klangfarbe noch schärfer zu bestimmen. Dies geschah 1960 in der Terminology der American Standards Association (ASA) durch Ausgrenzung: Klangfarbe wurde definiert als unterscheidendes Merkmal von zwei Schallereignissen, die unter gleichen Umständen mit gleicher Lautheit und Tonhöhe erklingen und dennoch als unterschiedlich wahrgenommen werden (AMERICAN STANDARDS ASSOCIATION 1960, 45, vergl. auch schon STUMPF 1926, 374). Mit anderen Worten: Klangfarbe ist Klang minus Tonhöhe minus Lautheit.

Diese Negativdefinition zog als Konsequenz für die Forschung nach sich, daß nach 1960 die meisten Instrumente nicht mehr in ihren instrumententypischen Tonhöhen untersucht wurden,

sondern in Tonlagen, die aufgrund einer für alle Instrumente gleichen Tonhöhe eigentlich keine allgemeingültigen Aussagen mehr über die Klangfarbe zulassen. So nahmen vergleichende Experimente schon nahezu groteske Formen an, wenn z.B. zwei Klänge von Kontrabaß und Querflöte in d^1 untersucht wurden (NITSCHKE 1978, 46f.). Bei beiden Instrumenten liegt diese Tonhöhe nicht im instrumententypischen Ambitus. Dennoch wurden die Ergebnisse verallgemeinert und als allgemeingültig für Kontrabaß bzw. Querflöte dargestellt. Ähnliche, nicht ganz so krasse Vergleiche zeigten sich auch bei anderen Autoren (z.B. MEYER, LOTTERMOSER 1961 (auf c^1), BERGER 1964 (auf f^1), NITSCHKE 1972 u. 1978 (auf d^1), WEDIN, GOUDE 1972 (auf a^1), GREY et al. 1977-1978 (auf es^1) usw...).

Bei diesen und anderen Versuchen wurde deutlich, daß es nicht ausreicht, Klangfarbe als das zu beschreiben, was übrigbleibt, wenn man von einem Klang die Tonhöhe und Lautstärke abstrahiert. Klangfarbe schien vielmehr ein Merkmal zu sein, das sich aus vielen Einzelmerkmalen zusammensetzt, also eine „multidimensional dimension“ (Licklider in PLOMP 1970, 397-398). Diese Erkenntnis regte viele Forscher dazu an, den einzelnen Dimensionen von Klangfarben durch unterschiedliche Versuche auf den Grund zu kommen.

Zu den populärsten Untersuchungen in dieser Richtung gehörten die Erhebungen Gottfrieds von Bismarck (1971; 1972; 1973; 1974), der mit Hilfe von 30 Adjektivpaaren auf Polaritätsprofilen die Begriffe Schärfe und Kompaktheit (auch Dichte) als Klangfarbendimensionen etablierte (BISMARCK 1971, 375; ders. 1972, 53, 70 u. 80; ders. 1973, 51; ders. 1974, 147 u. 156; vergl. auch schon STUMPF 1890, 530; LICHTKE 1941 und SOLOMON 1959): Schärfe (= stumpf-scharf) bedeutete: Je höher das Energiemaximum im Spektrum angesiedelt ist, als desto schärfer wird ein Klang empfunden. Kompaktheit oder Dichte (= kompakt-diffus) beschreibt, ob der Teiltonaufbau mehr harmonisch (kompakt) ist oder zu einem Rauschen hin tendiert (diffus). Hinzu kam durch W. Aures (1984, 735) als dritte Dimension der Begriff der Rauigkeit, mit dem die Anwesenheit von Fluktuationen zwischen 20 und 300 Hz im Klang beschrieben wird.

Obwohl sich besonders der Begriff der Schärfe schnell für die Klangfarbenbeschreibung eingebürgert hat, können Methode und Ergebnisse der Bismarckschen Schule nicht als geeignet für eine adäquate Klangfarbenbeschreibung angesehen werden, und zwar aus folgenden Gründen:

- 1.) Es wird von synthetischen, elektronisch erzeugten Klängen ausgegangen, und nicht von Instrumentalklängen (vergl. z.B. LICHTKE 1941; SOLOMON 1959; BISMARCK 1971-1974; BRUIJN 1978; BENEDINI 1980; AURES 1984; PREIS 1984; usw...).
- 2.) Die Klänge werden meist nur in einer Tonhöhe gespielt (s.o.), so daß mögliche Formanten, die auch in den synthetischen Klängen teilweise anzutreffen sind, gar nicht auffallen (z.B. in den Klängen von BISMARCK 1974, 150 Fig. 2, Klänge 29-33; oder PREIS 1984, 6, Fig. 4, S. 8, Fig. 6). Besonders bei einer Intervallfortschreitung bestünde die Möglichkeit der Klangfarbenerkennung, da die Formanten trotz Grundtonbewegung an den gleichen Positionen verharren.
- 3.) Aber auch bei elektronisch erzeugten Intervallen (z.B. bei LICHTKE 1941, 455-480; BRUIJN 1978, 111) kann ein möglicher Formant nicht auffallen, da er im synthetischen Klang mittransponiert wird, was besonders untypisch für musikalische Klänge ist.
- 4.) Weiterhin sind die benutzten synthetischen Klänge untypisch, da bei diesen oft der Grundton die stärkste Amplitude besitzt (besonders bei BRUIJN 1978, 110). Dies ist nur bei hohen Instrumentalklängen häufig der Fall (s.u.), kann aber nicht verallgemeinert werden.
- 5.) Trotz der formanhaltigen Struktur einiger Klänge (s.o.) wurde der Formant auch im semantischen Differential Bismarcks nicht berücksichtigt. Bei einigen von Bismarcks Klängen hätte sich mindestens das Adjektiv „vokalisch“ angeboten (s. Punkt 2.)
- 6.) Schließlich ist besonders der Schärfebegriff unpassend für die Klangfarbenbeschreibung, da zwei Spektren, die ein Energiemaximum an der gleichen Stelle besitzen, völlig verschieden sein können, je nachdem, wie die Umgebung um das Maximum beschaffen ist, wie breit das jeweilige Maximum ist, ob noch andere spektrale Erhebungen zu erkennen sind usw. Die Veränderungen der Klangfarbe bei Dynamikwechseln kann durch den Schärfebegriff überhaupt nicht beschrieben werden, da der Dynamikeindruck von der Verteilung der Energie in den Formanten unter 4000 Hz beeinflusst wird und nicht einfach durch eine Verstärkung oder Abschwächung höherer Teiltöne (FRICKE 1971, 7).

Daß die Bismarckschen Adjektive und besonders der Schärfebegriff für die Beschreibung von echten Instrumentalklangfarben völlig unzureichend sind, ergab sich auch aus einer Untersuchung von Roger A. Kendall und Edward C. Carterette (1993, 445-468). Innerhalb ihrer Fragestellung, inwieweit 10 verschiedene Klangfarben mit den Bismarckschen Adjektiven beschrieben/unterschieden werden können, kommen sie zu dem Ergebnis, daß der Begriff Schärfe neben anderen Adjektiven Bismarcks für eine Unterscheidung der Klangfarben nicht ausreicht, bzw. schlecht gewählt ist (KENDALL, CARTERETTE 1993, 455ff. „Unlike von Bismarck's findings (...), sharp is not a good discriminator...“ usw.).

2. Die Anwendung der ASA-Klangfarbendefinition und des Schärfebegriffs in den Untersuchungen von Grey et al. (1977-1978)

In der vielzitierten und umfangreichen Untersuchung von Grey et al. (1977-1978) gehen die zwei fragwürdigen Definitionen von Bismarcks und der ASA im bekannten dreidimensionalen Klangraum Greys eine weitere folgenschwere Verbindung ein:

Grey digitalisierte 16 Klänge von Orchesterinstrumenten in gleicher Lautstärke und Tonhöhe (es, s.o.), um sie nach den Ähnlichkeitsurteilen von 20 Versuchspersonen entlang dreier Achsen eines imaginären Raums anzuordnen:

Dabei beschrieb die Achse I die Schärfe, die Achse II das synchrone Einschwingen der höheren Teiltöne und Fluktuationen im Spektrum und die Achse III Vorläufergeräusche und -töne (vergl. GREY 1977, 1273f.; GREY GORDON 1978, 1496).

Mit dem Schärfebegriff (Achse I) wird etwas, was an synthetischen Klängen (s.o.) ermittelt wurde, auf die Klänge natürlicher Instrumente übertragen, die ihrerseits aber auch schon wieder so unnatürlich sind, daß das Ergebnis (der Greysche Klangraum) auf keinen Fall verallgemeinert werden oder in irgend einer Hinsicht auf die Klänge unseres Orchesters übertragen werden kann.

Aus folgenden Gründen muß man die von Grey ausgewählten Klänge, die weder repräsentativ noch verallgemeinerbar sind, als unnatürlich bezeichnen:

- 1.) Von den Streichinstrumenten wurde nur das Cello ausgewählt, und zwar in drei verschiedenen Stricharten. Dennoch wurden die Ergebnisse verallgemeinernd auf die ganze Streichergruppe bezogen (vergl. GREY 1977, 1271).
- 2.) Die stets gleiche Tonhöhe (es¹) ist für viele Instrumente untypisch (z.B. für Celli, Fagott, Baßklarinette, Posaune). Dies erkennen auch Grey und Moorner (1977, 456), ohne sich aber weiter um die Konsequenzen zu kümmern.
- 3.) Die Tondauern von nur 280-400 msec sind im allgemeinen viel zu kurz, besonders wenn man die Einschwingzeiten der einzelnen Instrumente mitberücksichtigt.
- 4.) Verschiedene Dynamikstufen wurden nur beim Alt-Saxophon untersucht, nicht aber bei den anderen Instrumenten.
- 5.) Zur Datenreduzierung wurde eine Line-Segment-Approximation angewendet: Die Amplituden der einzelnen Teiltonhüllkurven wurden auf jeweils 5-8 Strecken pro Hüllkurve reduziert (GREY 1977, 1271). Obwohl die Autoren meinen, daß durch diese Datenreduzierung keine Änderungen in der Klangfarbenempfindung auftreten, zeigte sich in den Verwechslungsmatrizen ihres Hörvergleichs zwischen Originalen und datenreduzierten Klängen, daß z.B. Cello- und Alt-Saxophonklänge so stark verändert wurden, daß sie sich in den meisten Fällen erkennbar von den Originalklängen unterschieden (vergl. GREY, MOORNER 1977, 460, Fig. 6 u. 7 und REUTER 1995, 182).

Obwohl Ausgangsdefinitionen, Methode und Ergebnis des Greyschen Klangraums mehr als fragwürdig sind, wurde dieser zur Grundlage für weitere Experimente. Z.B. tauschten Grey und Gordon (1978) zwischen den Klängen Trompete/Posaune, Oboe/Baßklarinette, Fagott/Horn und Celli in zwei unterschiedlichen Stricharten die spektrale Energieverteilung aus, wobei die zeitliche Hüllkurve der Klänge beibehalten wurde (GREY, GORDON 1978, 1494). Auch hier werden die Ergebnisse durch die Mißachtung bzw. Überschreitung der Formantbereiche (wegen der zu hohen Tonhöhe es¹) fehlinterpretiert und können erst durch die Einbezugnahme der Schumannschen Klangfarbengesetze wieder richtiggestellt werden (vergl. REUTER 1995, 183-186).

In einem anderen Experiment verschob Grey 1978 drei der untypischen Klänge (Klarinette, Trompete, Fagott) um maximal eine Quarte auf- und abwärts (also insgesamt um eine kl. Septime), um ein- bis dreistimmige Melodien daraus zu bilden. Dies tat er, um die Klangfarbenwahrnehmung im mehrstimmigen musikalischen Kontext zu beobachten. Auch hier wurde sowohl am musikalischen Kontext als auch am Klang vorbeieperimentiert, da ein musikalischer Kontext nicht aus Klängen besteht, deren Formantstrukturen parallel zur Melodielinie mitverschoben werden, wie es in diesem Experiment der Fall ist (GREY 1978, 468f.). Die Erkennung der Klangfarben fiel auch dementsprechend schlecht aus und nahm mit größer werdenden Intervalltranspositionen und Stimmenanzahl zu (vergl. GREY 1978, 470, bes. Fig. 3). Hätte Grey das Schumannsche Formantstreckengesetz in seine Überlegungen einbezogen, so hätte er die Ergebnisse seines Versuchs dem realen musikalischen Kontext angemessen erklären können. Grey führte aber die niedrige Erkennungsrate auf Verdeckungserscheinungen zwischen den transponierten Klängen zurück (GREY 1978, 471), was für einen solch konstruierten Versuchsaufbau wohl auch zutreffen mag. Im realen musikalischen Kontext hingegen erweist sich die Verdeckung zwischen den Instrumenten eigentlich nur in den seltensten Fällen als hinderlich für die Klangfarbenidentifizierung, da sich gerade wegen ihrer festen Formantbereiche die einzelnen Instrumente (besonders Klarinette, Trompete und Fagott) nur teilweise, partiell verdecken: die spektralen Maxima des einen Instruments fallen auf die spektralen Minima des anderen und umgekehrt, und aufgrund der schnellen Aufholtendenz des Gehörs oberhalb der Verdeckungsschwelle, der Residualtonwahrnehmung und kognitiven Ergänzungsfähigkeit können die verschiedenen Klänge auch unter schwierigen Bedingungen noch richtig eingeordnet werden (vergl. FRICKE 1980, 131; ders. 1989, 282; ders. 1993b, 173 u. 184; ders. 1994, 76).

Den gleichen Fehler der Tonhöhenverschiebung und damit Formanttransponierung unternahmen auch Gordon (1987, 104) und Wessel (1979, beschrieben in WESSEL 1985, 640-657). Beide übernahmen die mehr als fragwürdigen Klänge von Grey et al. (s.o.) und erhielten aufgrund der Formanttransposition und des Ausgangsmaterials auch wieder Ergebnisse, die zumindest angezweifelt werden sollten, zumal besonders die Arbeit von Wessel von vielen Autoren als grundlegend für die Klangfarbendifferenzierung im musikalischen Kontext angesehen wird.

Wessel bildete aus den Klängen Greys (1977) und den manipulierten Klängen von Grey und Gordon (1978)(s.o.) den Greyschen Klangraum („timbre space“) in zweidimensionaler Form noch einmal nach. Die beiden Achsen beschreiben nun Schärfe und Schnelligkeit des Einschwingens (WESSEL 1985, 684-685). Aus je 2 Klängen des nun zweidimensionalen Klangraums setzte Wessel ein stets wiederkehrendes Melodiepattern aus 2 aufsteigenden Quartan (h-e¹-a¹) zusammen, wobei er die beiden Klänge (z.B. A und B) immer alternierend aufeinanderfolgen ließ (also: A-B-A-B...). Waren die beiden Klänge auf der Schärfe-Achse weit voneinander entfernt, so hörten viele Versuchspersonen zwei unterschiedliche Melodien, die sich gegenseitig durchkreuzten, während bei einer kurzen Schärfe-Distanz zwischen den beiden Klängen nur eine Melodie wahrgenommen wurde (ders. 1985, 650). Wessel erklärte diesen Effekt mit der unterschiedlichen Verteilung der spektralen Energie der beiden Klänge (ders. 1985, 651). Durch die Transposition der digitalisierten Klänge wurden aber die spektralen Maxima stets mitverschoben, während sie im wirklichen musikalischen Kontext trotz Tonhöhenwechsels stets an der gleichen Position bleiben. So ist dieser Effekt der Melodieaufspaltung aufgrund der Klangfarbe eigentlich verwunderlich, aber Wessel verschweigt andererseits sowohl die Anzahl der Versuchspersonen als auch die Anzahl der Hörer, die tatsächlich je nach Distanz im Klangraum zwei Melodien wahrnahmen. Implizit gibt er zu, daß dieser Effekt nicht bei allen Hörern eingetreten ist („...and for many listeners two interwoven descending lines are formed, each with its own timbral identity“. ders. 1985, 540).

Es hat sich gezeigt, daß mit konstanten spektralen Maxima das Ergebnis weitaus realitätsnaher und besser wird, daß auch Instrumentalklangfarben mit einer nur geringen Distanz auf Wessels Schärfe-Achse aufgrund ihrer festen Formantstrecken zu einer Bildung von zwei oder mehr sich durchkreuzenden Melodien geführt haben, und daß man diesen Effekt durch gezielte Formantverschiebung nach Belieben beeinflussen kann (REUTER 1997, 362-372; ders. 2000a, 176-177; ders. 2000b, 180-183): Erklängen zwei Instrumente Ton für Ton alternierend nacheinander, so nimmt man bei übereinstimmenden Formantbereichen eine durchgängige Melodie wahr, während sich bei zwei alternierenden Instrumenten mit verschiedenen

Formantbereichen plötzlich zwei Melodien in der jeweiligen Klangfarbe der beteiligten Instrumente herausbilden.

Inwieweit sich die Klangfarbe von Instrumenten ändert, wenn ihr Spektrum um eine Quarte transponiert wird, wird ein jeder schon einmal erlebt haben, der eine Langspielplatte nicht mit 33 U/min sondern mit 45 U/min abgespielt hat, was ungefähr einer Transposition um eine Quarte entspricht. Daß Wessels Ergebnis auch sonst nur einen sehr geringen Aussagewert für die von der Klangfarbe beeinflusste Melodiewahrnehmung besitzt, wird schließlich besonders deutlich, wenn man das Experiment Wessels mit dem von van Noorden vergleicht, der auch schon bei Melodien aus Sinustönen mit einem Abstand von 5 oder mehr Halbtönen (also ab Quartabstand) feststellte, daß die Melodie allein schon wegen des zu großen Intervallabstands bei der Wahrnehmung in zwei verschiedene Melodien aufgespalten wird. Diese Aufspaltung wiederum ist tempoabhängig: Bei einem Tempo zwischen ca. 5-20 Tönen in der Sekunde findet eine solche Melodieaufspaltung in jedem Fall statt, unterhalb von ca. 5 Tönen pro Sekunde geschieht die Melodieaufspaltung je nach Aufmerksamkeitsfokussierung (vergl. van Noorden in McADAMS, BREGMAN 1985, 665-666, bes. Fig. 36,5).

Die Ergebnisse von Grey, Gordon und Wessel wurden, ohne daß sie hinterfragt worden wären, von vielen Klangfarbenforschern übernommen und als Grundlage für weitere Forschungen angewendet. Dies geht sogar soweit, daß z.B. ein neuronales Netz mit den Parametern des Greyschen Klangraums gefüttert wird, wonach das Netz dann auch prompt den Greyschen Klangraum in einer zweidimensionalen Form wieder ausgibt, womit die Autoren die Ergebnisse Greys et al. bestätigt zu haben meinten (COSI et al. 1994, 90). Dabei wurde in den Klängen nur nach den oben beschriebenen Merkmale der Achsen I-III gesucht und andere Merkmale (wie z.B. Formanten) gar nicht zur Alternative angeboten (vergl. COSI et al. 1994, 71ff). Bei einer solchen Methodik ist es kein Wunder, daß das herauskommt, was hineingegeben wird. Außerdem funktioniert die Klangfarbeneinordnung des Netzes - ebenso wie im Greyschen Klangraum - nur mit Klangfarben auf einer einzigen Tonhöhe (hier in c^1 , COSI et al. 1994, 86)(s.o.).

3. Die Schumannschen Klangfarbengesetze als Alternative

All diese und andere Fehlinterpretationen und Mißverständnisse hätten sicherlich auf ein Minimum reduziert werden können, wenn das Hauptmerkmal der meisten unserer Orchesterinstrumente, die Formanten und ihre Gesetzmäßigkeiten, in die Forschungsgeschichte stärker einbezogen worden wären. Die dazu von Karl Erich Schumann (1929, 15-18, 98, 100, 131 u. 208) aufgestellten Klangfarbengesetze fanden erst in den letzten Jahren wieder eine größere Beachtung, was wohl auch daran liegt, daß auch anderen Autoren die einzelnen Irrtümer in der Forschungsgeschichte aufgefallen sind, so daß vorher vernachlässigte Erklärungsmöglichkeiten nun wieder in den Vordergrund rücken können (vergl. z.B. die Widerlegung der Bismarckschen Begriffe durch Kendall und Carterette, s.o.).

Neben der instrumentenadäquaten Beschreibung von Instrumentenklangfarben und deren Verhalten bei Dynamikänderungen, deren physikalischen Ursachen ebenfalls durch die Gesetze der Impulsformung geklärt werden konnten (u.a. FRICKE 1975, 407; VOIGT 1975, 51 u. 54; AUHAGEN 1987, 712; BLENS 1993), bieten die Schumannschen Klangfarbengesetze dem Musikwissenschaftler und Klangfarbenforscher die Möglichkeit, das Wesen und Werden der Klangfarbe in ihrer ganzen Vernetztheit mit Musikgeschichte, Psychologie, Raumakustik, Psychoakustik, Instrumentenakustik usw., systemisch eben, zu betrachten und zu verstehen (vergl. hierzu auch schon FRICKE 1965, 156, auf den Punkt gebracht bei FRICKE 1993a, 191-192; ders. 1993b, 170). Diese systemische Sichtweise scheint dem multifaktoriellen Phänomen Musik am ehesten gerecht zu werden, was sich auch deutlich in den überzeugenden Ergebnissen der musikwissenschaftlichen Untersuchungen mit diesem oder ähnlichem Ansatz widerspiegelt (z.B. neben den Veröffentlichungen von FRICKE u.a. bes. 1989, 1992, 1993a, 1993b u. 1995 auch AUHAGEN 1989; EBERLEIN 1993, 1994 u. 1995; EBERLEIN, FRICKE 1992; REINECKE 1988 u. 1990 usw.).

Die Schumannschen Klangfarbengesetze bieten z.B. die Möglichkeit, die Ähnlichkeit zwischen formantreichen Klängen (z.B. der Blasinstrumente) auf einfache Weise zu erklären: Instrumente, deren Hauptformanten an der gleichen Stelle liegen, werden oft miteinander verwechselt, was

auch Schumann selbst schon beim Horn und Fagott hat feststellen können (vergl. SCHUMANN 1929, 207)(s.u.).

Bei formantarmen Klängen hingegen (z.B. denen der Streichinstrumente) hängt die Einordnung des Klangs größtenteils von Tonhöhe und Fluktuation ab. Hohe Celloklänge z.B. werden in den meisten Fällen für Geigenklänge gehalten, tiefe Geigenklänge werden oft als Celloklänge wahrgenommen (vergl. die Ergebnisse von SALDANHA, CORSO 1964, 2024; JOST 1970, 90; WEDIN, GOUDE 1972, 233; REUTER 1995, 207-208, sowie die Ansichten über die Wahrnehmung von Streichinstrumentenklängen bei NAHRGANG 1938, 301; LEIPP 1961, 117; LOTTERMOSER, MEYER 1961, 382 u. 386. Zur Schwierigkeit der Formantbildung, besonders bei hohen Streichern, vergl. auch REUTER 1995, 149 u. 154).

Weiterhin bietet es sich an, Empfehlungen in Instrumentationslehren und ähnlichen Traktaten über den Einsatz von Klangfarben und ihrer Mischung zu untersuchen. Auch hier wird deutlich, daß z.B. die Theoretiker des 18.-20. Jh. schon intuitiv die Instrumente für Verschmelzungsklänge empfohlen haben, deren Hauptformanten an übereinstimmenden Positionen liegen. Dies soll kurz anhand der Klänge von Oboe, Horn und Fagott erläutert werden:

Da sich die ersten Formanten von Horn und Fagott ungefähr an der gleichen Position im Spektrum befinden (ca. 300-500 Hz), kann man davon ausgehen, daß die Klangfarben besonders dieser beiden Instrumente gut miteinander verschmelzen, sich also zu einer neuen homogenen Klangfarbe verbinden, solange die beiden Instrumente im tiefen oder mittleren Register gespielt werden. Auch in den Instrumentationslehren und ähnlichen Traktaten des 18.-20. Jh. wird die besonders gute Verschmelzung dieser beiden Instrumente miteinander stets besonders hervorgehoben, sei es im unisono (z.B. FRANCOEUR 1772, 55; ALBRECHTSBERGER ²1837, 249; MARX ²1851, 145f. u. 347; LOBE ³1878, 30 31; JADASSOHN 1889, 242, 254 u. 346; WIDOR 1904, 46 u. 68; RIMSKY KORSSAKOW 1912, 24, 34 35; KÖRNER, RATHKE-BERNBURGER 1927, Tabelle; PISTON 1955, 200 u. 427; KUNITZ 1956 Bd. 3, 78; KUNITZ 1957, Bd. 5, 287 289; KUNITZ 1957, Bd. 6, 463; ERPF 1959, 90, 99, 178 u. 206) oder innerhalb von Akkorden (MARX ²1851, 148; RIMSKY-KORSSAKOW 1912, 83 u. 90; KUNITZ 1957, Bd. 5, 290-291, 303 304; KUNITZ 1957, Bd. 6, 475-476). Man kann auch davon ausgehen, daß Marx (²1851, 123), Lobe (³1878, 376) und Berlioz/Strauß (1904, 202) in ihren Instrumentationslehren dazu raten, das Fagott nicht über das b^1 (= 466 Hz) bzw. h^1 (= 494 Hz) zu führen, da ab hier der Grundton im Spektrum dominiert (vergl. MEYER 1972, 57; GIESELER et al. 1985, 65). Mit anderen Worten: der 1. Formantbereich bei 300-500 Hz wird in dieser Tonhöhe vom Grundton erreicht, was Lobe mit den Worten quittiert, ab hier habe der Klang nichts Angenehmes mehr (LOBE ³1878, 376).

Die Lage der Hauptformanten bei der Oboe (ca. 1000-1200 Hz) und beim Horn hingegen ist sehr unterschiedlich. Dies läßt darauf schließen, daß diese Instrumente selbst beim Unisono-Zusammenspiel zu keiner homogenen Klangfarbe verschmelzen. Auch hierauf wird in den Instrumentationslehren und ähnlichen Traktaten häufig hingewiesen (z.B. VOLBACH 1910, 43; KUNITZ 1956, Bd. 3, 63; KUNITZ 1957, Bd. 6, 463).

Das gleiche gilt für das Zusammenspiel von Oboe und Fagott im unisono (z.B. BUSSLER 1879, 328; JADASSOHN 1889, 346). Da aber der Hauptformant der Oboe mit dem 2. Formanten des Fagotts weitestgehend übereinstimmt, können beide im Unisono einen homogenen Gesamtklang ergeben, wenn das Fagott im hohen und die Oboe im Mittelregister eingesetzt wird. Diese Kombination wiederum wird in den Instrumentationslehren auch empfohlen (z.B. KUNITZ 1957, Bd. 5, 287 u. 303; ERPF 1959, 178).

Auch die Oboe büßt ihre typische Klangfarbe ein, sobald der Grundton den ersten Formantbereich erreicht bzw. übersteigt: Über h^2 (= 988 Hz) existieren keine eigentlichen Aufgaben mehr für die Oboe (KUNITZ 1956, Bd. 3, 64), sie wird wertlos (KUNITZ 1961, Bd. 4, 208), die Oboen verlieren etwas von ihrem charakteristischen Timbre (WIDOR 1904, 15). Über c^3 (= 1047 Hz) ist die Oboe unbrauchbar (JADASSOHN 1889, 200), über d^3 (= 1175 Hz) hat der Klang keine gute Wirkung mehr (KLING 1882, 27), er klingt nicht mehr nach Oboe (PISTON 1955, 153). Auch Meyer (1972, 51) beobachtet, daß über h^2 der Grundton im Oboenspektrum dominiert, der 1. Formant also vom Grundton erreicht oder überschritten wird.

Es zeigt sich schließlich, daß Instrumente, deren Hauptformanten an gleicher Stelle liegen, nicht nur gut miteinander verschmelzen, sondern auch als ähnlich klingend empfunden werden. So herrscht auch in den Instrumentationslehren die Ansicht, daß Horn und Fagott eine große Ähnlichkeit im Klang besitzen (z.B. RIMSKY-KORSSAKOW 1912, 34 u. 35; RIEMANN ⁶1919,

46). Der Oboe hingegen wird trotz der Doppelrohrblattanregung keine Klangfarbenähnlichkeit mit dem Fagott (oder dem Horn) zugebilligt. Sie wird von den Theoretikern meist als ähnlich der Trompete klingend empfunden (z.B. BERLIOZ 1904, 178; SACHS 1913, 275; RIEMANN ⁶1919, 40; KUNITZ 1956, Bd. 3, 78; VOIGT 1985, 78). Auch dies ist nicht verwunderlich, da der Hauptformant der Trompete in seiner Position dem der Oboe entspricht.

Schon hier werden also viele Zusammenhänge zwischen Formantposition und intuitiver Instrumentenwahl im 18. bis 20. Jahrhundert deutlich. Auch bei den anderen Instrumenten unseres Orchesters lassen sich solche und andere Zusammenhänge zwischen Musikgeschichte und Instrumentenakustik, sowie Psychoakustik, Gehörphysiologie, Psychologie, Soziologie und vielen anderen Gebieten feststellen, die für die Holz- und Blechblasinstrumente in der „Chemie der Klangfarben“ (REUTER 2002) nun aufgeschlüsselt vorliegen. Durch diese systemische Sichtweise ist die Musikwissenschaft endlich in der Lage, den schon lange geäußerten Wünschen zu entsprechen, eine Geschichte der Musikinstrumente unter dem Aspekt ihrer Klangfarbe zu schreiben (z.B.: „Noch aufschlußreicher würde eine Geschichte der Musikinstrumente sein, wenn sie nicht, wie es immer geschieht, von den technischen Gesichtspunkten der Tonerzeugung, sondern von den letzten seelischen Gründen der angestrebten Tonfarbe und -wirkung aus behandelt würde.“ (SPENGLER ⁹1988, 84) oder "Eine Geschichte der musikalischen Klänge ist noch nicht geschrieben. Sie würde zeigen, daß der Klangfarbe nicht nur als sinnlichem Eindruck, sondern auch in rein musikalischer Hinsicht eine weitaus größere Bedeutung zukommt, als man ihr oft zugestehen möchte." (SCHMIDT-GÖRG 1933, 49-50)).

Literatur

- ALBRECHTSBERGER, J. G. (1837): Kurze Beschreibung aller jetzt gewöhnlichen und brauchbaren Instrumente sammt ihren Tonleitern (ca. 1790). In: J. G. Albrechtsbergers sämtliche Schriften über Generalbaß,, Harmonie=Lehre, und Tonsetzkunst, 2. Auflage, hrsg. v. Ignaz Ritter von Seyfried, Haslinger, Wien, S. 145-188.
- AMERICAN STANDARTS ASSOCIATION (1960): American standarts association terminology (including mechanical shock and vibration), American Standarts Association, New York.
- AUHAGEN, Wolfgang (1987): Dreiecksimpulsfolgen als Modell der Anregungsfunktion von Blasinstrumenten, In: Fortschritte der Akustik, 13. DAGA'87, Aachen, S. 709-712.
- AUHAGEN, Wolfgang (1989): Ein Beitrag zur musikalischen Grammatik: Grundzüge der Tonalitätswahrnehmung bei Melodien, In: Die Sprache der Musik. Festschrift Klaus Wolfgang Niemöller zum 60. Geburtstag. Bosse, Regensburg, S. 25-41.
- AURES, W. (1984): Der Wohlklang: eine Funktion der Schärfe, Rauhigkeit, Klanghaftigkeit und Lautheit, In: Fortschritte der Akustik, 10. DAGA'84, Darmstadt, S. 735-738.
- BENEDINI, K. (1980): Klangfarbenunterschiede zwischen tiefpaßgefilterten harmonischen Klängen, In: Acustica 44, S. 129-134.
- BERGER, Kenneth W. (1964): Some factors in the recognition of timbre, In: JASA 36, S. 1888-1891.
- BERLIOZ, Hector (1904): Instrumentationslehre, ergänzt und revidiert von Richard Strauss, C. F. Peters, Leipzig.
- BISMARCK, Gottfried von (1971): Psychometrische Untersuchungen der Klangfarbe stationärer Schalle, In: Akustik und Schwingungstechnik, S. 371.
- BISMARCK, Gottfried von (1972): Extraktion und Messung von Merkmalen der Klangfarbenwahrnehmung stationärer Schalle, Diss., In: Mitteilung aus dem Sonderforschungsbereich 50 "Kybernetik", München.
- BISMARCK, Gottfried von (1973): Zur mehrdimensionalen Beschreibung der Wahrnehmung komplexer Schalle, In: Fortschritte der Akustik, 3. DAGA'73, Aachen, S. 40-56.
- BISMARCK, Gottfried von (1974): Timbre of steady sounds: A factorial investigation of its verbal attributes, In: Acustica 30, S. 146-159.
- BLENS, Johannes (1993): Die Zuordnung der von Blasinstrumenten bekannten Impulsformen zu ihren Spektren mit Hilfe der Fourieranalyse. Köln, Staatsarbeit.
- BRUIJN, Adrian de (1978): Timbre-classification of complex tones, In: Acustica 40, S. 108-114.
- BUSSLER, Ludwig (1879): Instrumentation und Orchestersatz einschließlich der Verbindung mit Vocal-, Chor- und Solosatz, Carl Habel, Berlin.

- COSI, Piero, De Poli, Giovanni, Lauzzana, Giampaolo (1994): Auditory modelling and self-organizing neural networks for timbre classification, In: Journal of New Music Research 23,1, S. 71-98.
- EBERLEIN, Roland, Fricke, Jobst Peter (1992): Kadenzwahrnehmung und Kadenzgeschichte, ein Beitrag zu einer Grammatik der Musik, Peter Lang, Frankfurt am Main.
- EBERLEIN, Roland (1993): Ein rekursives System als Ursache der Gestalt der tonalen Klangsyntax, In: Systematische Musikwissenschaft 1/2. Theoretische und Methodische Aspekte, hrsg. v. Oskár Elschek, Bratislava, S. 339-351.
- EBERLEIN, Roland (1994): Die Entstehung der tonalen Klangsyntax, Peter Lang, Frankfurt am Main.
- EBERLEIN, Roland (1995): Die Herkunft der Schlußkadenz in der abendländischen Musik. In: Spektrum der Wissenschaft, Juli 7, 62-71.
- ERPF, Herrmann (1959): Lehrbuch der Instrumentation und Instrumentenkunde, Schotts Söhne, Mainz.
- FRANCOEUR, Louis-Joseph (1972): Diapason général de tous les instruments a vent avec des Observations sur chacun d'eux au quel on a joint un projet nouveau pour simplifier la maniere actuelle de copier, Des Lauriers, Paris 1772, Reimpression, Minkoff, Genf.
- FRICKE, Jobst Peter (1965): Klangeigenschaften von Clarinen der Capella Coloniensis, In: Festschrift H. Hüschen zum 50. Geburtstag, Beiträge zur rheinischen Musikgeschichte H. 62, Köln, S. 152-156.
- FRICKE, Jobst Peter (1971): Genormte Lautheit und die Lautheitsempfindung dynamischer Grade, In: Preprint AES Tagung, Paper of the Convention '71, 6, Köln.
- FRICKE, Jobst Peter (1975): Formantbildende Impulsfolgen bei Blasinstrumenten, In: Fortschritte der Akustik, 4. DAGA'75, Braunschweig, S. 407-411.
- FRICKE, Jobst Peter (1980): Artikel "Formant", In: Herders großes Lexikon der Musik, Bd. 3, Freiburg, S. 130f.
- FRICKE, Jobst Peter (1989): Der Klang der Musikinstrumente nach den Gesetzen des Gehörs: Wechselwirkung Mensch - Instrument, In: Das Instrumentalspiel. Bericht vom Internationalen Symposium Wien, 12.-14. April 1988, Doblinger, Wien, München, S. 275-284.
- FRICKE, Jobst Peter (1992): Instrumentenbau nach den Gesetzen des Gehörs, In: Instrumentenbau. Bericht über das 10. Symposium zu Fragen des Musikinstrumentenbaus 1989, hrsg. v. E. Thom, Michaelstein, S. 13-15.
- FRICKE, Jobst Peter (1993a): Systematische oder Systemische Musikwissenschaft, Sonderdruck aus: Systematische Musikwissenschaft 1/2, S. 181-194.
- FRICKE, Jobst Peter (1993b): Die Wechselwirkung von Mensch und Instrument im Zusammenspiel von Physik und Psychologie, In: Neue Musiktechnologie, Vorträge und Berichte vom KlangArt-Kongreß 1991 an der Univ. Osnabrück, hrsg. v. B. Enders, Mainz, S. 169-196.
- FRICKE, Jobst Peter (1994): Ein Plädoyer für die Formanten, In: Flöten, Oboen und Fagotte des 17. und 18. Jh.. 12. Symposium zu Fragen des Instrumentenbaus 1991, Blankenburg, Michaelstein, S. 66-77.
- FRICKE, Jobst Peter (1995): Über Fremdheit und Aneignung in der Musik, Sonderdruck aus: Lux Oriente. Festschrift Robert Günther zum 65. Geburtstag, hrsg. v. K.W. Niemöller et al., Bosse, Regensburg, S. 363-376.
- GIESELER, Walter, Lombardi, Luca, Weyer, Rolf-Dieter (1985): Instrumentation in der Musik des 20. Jahrhunderts. Akustik - Instrumente - Zusammenwirken, Moeck Verlag, Celle.
- GORDON, John W. (1987): The perceptual attack time of musical tones, In: JASA 82, S. 88.
- GREY, John M. (1977): Multidimensional perceptual scaling of musical timbres, In: JASA 61, S. 1270-1277.
- GREY, John M., Moorer, J. A. (1977): Perceptual evaluations of synthesized musical instrument tones, In: JASA 62, S. 454-462.
- GREY, John M. (1978): Timbre diskrimination in musical patterns, In: JASA 64, S. 467-472.
- GREY, John M., Gordon, J. W. (1978): Perceptual effects of spectral modifications on musical timbres, In: JASA 63, S. 1493-1500.
- HELMHOLTZ, Hermann von (1896): Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik, 5. Auflage, Vieweg & Sohn, Braunschweig.
- JADASSOHN, Salomon (1889): Lehrbuch der Instrumentation, Musikalische Kompositionslehre Bd. 5, Breitkopf & Härtel, Leipzig.

- JOST, Ekkehard (1970): Über den Einfluß der Darbietungsdauer auf die Identifikation von instrumentalen Klangfarben, In: Jb. d. Inst. f. Musikforschung, Preuß. Kulturbesitz, für 1969, Berlin, S. 83-92.
- KENDALL, Roger A., Carterette, Edward C. (1993): Verbal attributes of simultaneous wind instrument timbres: I. von Bismarck's adjectives, In: Music Perception 10,4, S. 445- 467.
- KÖRNER, Theo A., Rathe-Bernburger, Otto (1927): Instrumentationstabelle, Sikorski, Hamburg.
- KUNITZ, Hans (1956-1961): Die Instrumentation. Bd. 1-13, VEB Breitkopf & Härtel, Leipzig.
- LEIPP, Emile (1961): Akustik und Musikinstrumente, In: Gravesaner Blätter 6, S. 111-121.
- LICHTE, W. H. (1941): Attributes of complex tones, In: Journal of Experimental Psychology 28, S. 455-480.
- LOBE, Johann Christoph (1878): Lehrbuch der musikalischen Komposition. Zweiter Band. Die Lehre von der Instrumentation, 3. Auflage, Breitkopf & Härtel, Leipzig.
- MARX, Adolf Bernhard (1851): Die Lehre von der musikalischen Komposition, vierter Theil, 2. Auflage, Breitkopf & Härtel, Leipzig.
- MCADAMS, Stephen, Bregman, Albert: Hearing musical streams. In: Foundations of Computer Music. Hrsg. v. C. Roads, J. Strawn, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, S. 658- 698.
- MEYER, Jürgen, Lottermoser, Werner (1961): Über die Möglichkeit einer klanglichen Beurteilung von Flügeln, In: Acustica 11, S. 291-297.
- MEYER, Jürgen (1972): Akustik und musikalische Aufführungspraxis. Leitfaden für Akustiker, Tonmeister, Musiker, Instrumentenbauer und Architekten, Verlag Das Musikinstrument, Frankfurt/M..
- NAHRGANG, Siegfried (1938): Beobachtungen und Messungen an einem neuen Gerät zur Klangsynthese, In: Akustische Zeitschrift 3, S. 284-301.
- NITSCHKE, Peter (1972): Zur Wahrnehmung der Klangfarbe. Ein Beitrag zur Methode von Klanguntersuchungen. Mit Notenbsp. u. Tabellen, In: Zeitschrift für Musiktheorie 3,1, S. 16-28.
- NITSCHKE, Peter (1978): Klangfarbe und Schwingungsform, Berliner musikwissenschaftliche Arbeiten 13, Katzbichler, München, Salzburg.
- PISTON, Walter (1955): Orchestration, Victor Gollancz LTD, London.
- PLOMP, Reinier (1970): Timbre as a multidimensional attribute of complex tones, In: Frequency Analysis and Periodicity Detection in Hearing. Hg.: R. Plomp, G. F. Smoorenburg, Sijthoff, Leiden, S. 397-414.
- PREIS, A. (1984): An attempt to describe the parameter determining the timbre of steady-state harmonic complex tones, In: Acustica 55, S. 1-13.
- REINECKE, Hans-Peter (1988): Mutmassungen über das Flötenspiel Friedrichs des Grossen. Ein Aspekt preussischer Kulturgeschichte, In: Das Musikalische Kunstwerk, Festschrift Carl Dahlhaus zum 60. Geburtstag, hrsg. v. H. Danuser et al., Laaber, Laaber, S. 395- 401.
- REINECKE, Hans-Peter (1990): Die Geschichte der Orgel zwischen Magie und Ratio - Bemerkungen über psychologische Entwicklungen zwischen "schwarzem Tod" und "Computer Zeitalter", In: Berliner Orgel-Colloquium Berlin 1988, hrsg. v. Hans Heinrich Eggebrecht, Murrhardt, Kleinblittersdorf.
- REUTER, Christoph (1995): Der Einschwingvorgang nichtperkussiver Musikinstrumente - Auswertung physikalischer und psychoakustischer Messungen. Peter Lang, Frankfurt.
- REUTER, Christoph (1997): Karl Erich Schumann's Principles of Timbre as a Helpful Tool in Stream Segregation Research. In: Music, Gestalt and Computing. Studies in Cognitive and Systematic Musicology (with CD). Springer, Berlin, S. 362-372
- REUTER, Christoph (2000a): Verschmelzung und partielle Verdeckung. Ein Konzept für die Wahrnehmung und Zuordnung gleichzeitig erklingender Musikinstrumente. In: DAGA 2000, Fortschritte der Akustik, Oldenburg, S. 176-177.
- REUTER, Christoph (2000b): Blending and partial masking. A Concept for the Perception and identification of simultaneously playing musical instrumens. In: Proceedings of the Blagodatovskije readings. St. Petersburg, December 4-7, 2000, S. 180-183.
- REUTER, Christoph (2002): Klangfarbe und Instrumentation. Geschichte, Ursachen, Wirkungen. Systemische Musikwissenschaft, Bd. 6. Peter Lang, Frankfurt. Druck in Vorbereitung.
- RIEMANN, Hugo (1919): Handbuch der Orchestrierung (Anleitung zum Orchestrieren), 3. Auflage, Max Hesses Verlag, Berlin.
- RIMSKI-KORSSAKOW, Nicolas (1912): Principles of orchestration. Englisch translation by Edward Agate, ed. by Maximilian Steinberg, Kalmus, New York.

- SACHS, Curt (1913): Real-Lexikon der Musikinstrumente zugleich ein Polyglossar für das gesamte Instrumentengebiet, Julius Bard, Berlin.
- SALSAHNA, E. L., Corso, J. F. (1964): Timbre cues and the identification of musical instruments, In: JASA 36, S. 2021-2026.
- SCHMIDT-GÖRG, Joseph: Akustische Probleme der modernen Orchesterbehandlung. In: Acta Musicologica 5 1933, S. 49-59.
- SCHUMANN, Erich (1929): Physik der Klangfarben, Berlin mschr..
- SOLOMON, Lawrence N. (1959): Search for physical correlates to psychological dimensions of sounds, In: JASA 31, S. 492-497.
- SPENGLER, Oswald (1988): Der Untergang des Abendlandes. Umriss einer Morphologie der Weltgeschichte (1923), 9. Auflage, DTV, München.
- STUMPF, Carl (1890): Tonpsychologie, Bd. 2, Hirzel, Leipzig.
- STUMPF, Carl (1926): Die Sprachlaute. Experimentell-phonetische Untersuchungen nebst einem Anhang über Instrumentalklänge, Springer, Berlin.
- VOIGT, Wolfgang (1975): Untersuchungen zur Formantbildung in Klängen von Fagott und Dulzianen, Diss. Köln 1974. Kölner Beiträge zur Musikforschung 80, Bosse, Regensburg.
- VOIGT, Wolfgang (1985): Dissonanz und Klangfarbe, Orpheus Schriftenreihe Bd. 41, Bonn.
- VOLBACH, Fritz (1910): Das moderne Orchester in seiner Entwicklung, Teubner, Leipzig.
- WEDIN, Lage, Goude, Gunnar (1972): Dimension analysis of the perception of instrumental timbre, In: Scandinavian Journal of Psychology 13, S. 228-240.
- WESSEL, David L. (1985): Timbre space as a musical control structure, In: Foundations of Computer Music. Hrsg. v. C. Roads, J. Strawn, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, S. 640-657.
- WIDOR, Charles-Marie (1904): Die Technik des modernen Orchester. Ein Supplement zu Berlioz' Instrumentationslehre. Aus dem Französischen übersetzt von Hugo Riemann, Breitkopf & Härtel, Leipzig.