

# Verschmelzung und partielle Verdeckung

Ein Konzept für die Wahrnehmung und Zuordnung  
gleichzeitig erklingender Musikinstrumente

Christoph Reuter, Musikwissenschaftliches Institut der Universität zu Köln

Lange Zeit war man der Ansicht, daß die Klänge von im Unisono zusammenspielenden Musikinstrumenten besonders dann gut voneinander unterscheidbar sind, wenn sie zeitlich verzögert einsetzen und unterschiedliche zeitliche Hüllkurven besitzen (RASCH 1978, 21, 23 u. 33). Je länger dabei der Einschwingvorgang der beteiligten Instrumente ist, desto länger darf die Verzögerung zwischen ihren Klängen sein, ohne daß der Eindruck von einem simultanen Einsatz verloren geht (GORDON 1987, 104). Es zeigte sich jedoch bei Versuchen mit genau gleichen Klangeinsätzen bzw. mit entfernten Einschwing- und Ausklingvorgängen, daß auch hier die zusammenspielenden Klänge ähnlich wie die Originalklänge separiert wahrgenommen werden konnten und daß für die Wahrnehmung von Mischklängen vor allem die Formantbereiche der beteiligten Instrumente entscheidend sind (REUTER 1996, 259-275; ähnlich: MARTIN 1999, 42). Für das Zusammenspiel formantgeprägter Klänge konnten hierbei folgende Prinzipien beobachtet werden:

**1.) klangliche Verschmelzung:** werden Klangfarben mit übereinstimmenden Hauptformantbereichen gemischt, so können die Instrumente nicht mehr einzeln aus dem Klanggemisch herausgehört werden; der Klang verschmilzt homogen.

**2.) partielle Verdeckung** (FRICKE 1986, 145): werden Klangfarben mit unterschiedlichen Hauptformantbereichen gemischt, so können die Instrumente sehr gut aus dem Klanggemisch herausgehört werden; alle Klanganteile sind separiert wahrnehmbar.

Diese beiden Regeln finden vor allem in den Mischungsanweisungen der Instrumentationslehren ihre volle Bestätigung: z.B. heißt es hier über die Unisono-Mischung von Horn und Fagott (beides Instrumente mit einem Hauptformanten zwischen ca. 300-500 Hz): "Es ergänzt die Harmonie der Hörner, indem es seine Klangfarbe bei ihnen so eng anpaßt, daß es vollkommen mit ihnen verschmilzt." (WIDOR 1904, 46; ähnlich: MARX <sup>2</sup>1851, 145f. u. 347; LOBE <sup>3</sup>1878, 30 u. 31; KLING 1882a, 33; PROUT <sup>2</sup>1888, 47; JADASSOHN 1889, 242, 254, 346 u. 348; RIMSKI-KORSSAKOW 1912, 57, 88 u. 90; PISTON 1955, 200 u. 427; KUNITZ 1956, Bd. 3, 78; KUNITZ 1961, 41 u. 50; JACOB 1962, 162 u. 165; ROGERS 1970, 39 usw. usf.).

Instrumente mit stark unterschiedlichen Hauptformantbereichen wie z.B. Oboe (bei ca. 1000-1200 Hz) und Horn werden im Unisono stets als sehr gut separierbar beschrieben und nur als Kontrastinstrumente empfohlen (z.B. MARX <sup>2</sup>1851, 179f.; PROUT <sup>2</sup>1888, 71; JADASSOHN 1889, 346; KUNITZ 1957, Bd. 6, 463 usw.).

Verschiebt man mit Hilfe geeigneter Software (z.B. die Demoversion von Steinbergs VoiceDesigner unter [http://service.steinberg.de/webdoc.nsf/show/demos\\_pc\\_d](http://service.steinberg.de/webdoc.nsf/show/demos_pc_d)) die Formantbereiche der am Gesamtklang beteiligten Klänge, so läßt sich je nach Einstellung gezielt eine klangliche Verschmelzung (bei überlappenden Hauptformantbereichen) oder eine partielle Verdeckung (bei unterschiedlichen Hauptformantbereichen) hervorrufen. Der Gedanke liegt nahe, daß die Position von Formantbereichen auch bei sukzessiven Klängen im Sinne der Stream Segregation zu ähnlichen Ergebnissen führen könnte: Sollte dies der Fall sein, so müßte sich eine

Melodie mit alternierenden Klängen je nach den Hauptformantbereichen der beteiligten Instrumente in zwei Melodien aufspalten (bei unterschiedlichen Hauptformanten) oder als eine Melodie gehört werden (bei gleichen Hauptformanten). Um diese Hypothese zu überprüfen wurde mit den Klänge von Oboe, Fagott, Trompete und Horn folgende Melodie mit immer jeweils zwei alternierenden Klangfarben zusammengestellt (z.B. c<sup>1</sup>= Fagott, g<sup>1</sup>= Oboe, f<sup>1</sup>= Fagott, c<sup>1</sup>= Oboe usw.) (Die hier eingesetzten Klänge entstammen der in REUTER 1996, 179-180 beschriebenen Aufnahme):



Zusätzlich zu den vorhandenen Klangfarben wurde auch mit Klangfarben gewechselt, deren Formantbereiche mit dem VoiceDesigner gezielt verschoben wurden (also Fagott mit Oboenformant (FG(ob)), Oboe mit Fagottformant (OB(fg)), Horn mit Trompetenformant (HN(tp)) und Trompete mit Hornformant (TP(hn))).

In einem Hörexperiment urteilten 30 Versuchspersonen darüber, ob es sich bei den Klangbeispielen jeweils um eine einzige durchgehende Melodie oder um zwei Melodien im Sinne einer latenten Zweistimmigkeit handelt (Im Falle einer Aufspaltung sollte noch zusätzlich angegeben werden, welche Melodie im Vordergrund gehört wird).

Es zeigte sich, daß in nahezu allen Fällen bei übereinstimmenden Hauptformantbereichen auch tatsächlich von den meisten Versuchspersonen nur eine einzelne Melodie wahrgenommen wurde (Ausnahme: Oboe alterniert mit Fagott (mit Oboenformant) = (OB(ob)/FG(ob)).

Übereinstimmende Formantbereiche führten vorwiegend zur Wahrnehmung eines einzigen Streams:

	1	2	3		1	2	3
FG(fg)/HN(hn)	24	3	3	OB(ob)/TP(tp)	24	6	0
OB(fg)/FG(fg)	18	5	7	OB(ob)/FG(ob)	15	14	1
TP(hn)/HN(hn)	20	5	5	HN(tp)/TP(tp)	25	1	4

Spalte 1: Anzahl der Personen, die eine durchgehende Melodie hören

Spalte 2: Anzahl der Personen, die zwei Melodien hören (Melodie im Vordergrund setzt auf der ersten Note ein)

Spalte 3: Anzahl der Personen, die zwei Melodien hören (Melodie im Vordergrund setzt auf der zweiten Note ein)

Unterschiedliche Formantbereiche führten vorwiegend zur Wahrnehmung zweier unterschiedlicher Streams:

OB(ob)/FG(fg)	2	25	3	FG(fg)/FG(ob)	4	7	19
TP(tp)/HN(hn)	2	26	2	OB(fg)/OB(ob)	6	7	17
TP(tp)/FG(fg)	3	25	2	HN(tp)/HN(hn)	3	25	2
HN(hn)/OB(ob)	3	4	23	TP(tp)/TP(hn)	9	9	12

Spalte 1: Anzahl der Personen, die eine durchgehende Melodie hören

Spalte 2: Anzahl der Personen, die zwei Melodien hören (Melodie im Vordergrund setzt auf der ersten Note ein)

Spalte 3: Anzahl der Personen, die zwei Melodien hören (Melodie im Vordergrund setzt auf der zweiten Note ein)

Ebenso bestätigte sich die Vermutung, daß bei unterschiedlicher Formantlage der beteiligten Instrumente auch jeweils zwei Melodien gehört wurden, wobei die Vordergrundmelodie meist aus der "helleren" Klangfarbe mit dem höheren Hauptformanten bestand (Etwas Unsicherheit herrschte bei dem Klangbeispiel: Trompete alterniert mit Trompete (mit Hornformant) = TP(tp)/TP(hn)).

Vergleichbare Ergebnisse finden sich auch in der Literatur zur Stream Segregation: Schon Leon van Noorden zeigte 1975, daß sich zwei alternierende Klänge mit unterschiedlicher Teiltonverteilung in zwei verschiedene Streams aufteilen. Ebenso trat der klangfarbenbedingte Streaming-Effekt 1979 in einem Versuch von McAdams und Bregman auf, als die Autoren die eine Tonhöhe von zwei alternierenden Sinustönen mit dem dritten Teilton anreicherten (McADAMS, BREGMAN 1979, 26-34). David L. Wessel konnte im gleichen Jahr nachweisen, daß bei alternierenden Klangfarben eine Aufspaltung der Melodie um so wahrscheinlicher ist, desto verschiedener die Spektren der beteiligten Klangfarben sind (WESSEL (1979) in ders. 1985, 640-657). Erickson (1982, 517-536) hingegen sah die Aufspaltung einer Melodie bei alternierenden Klangfarben eher in Abhängigkeit von der Aufmerksamkeitsfokussierung. Dies kann aber auch damit zusammenhängen, daß er in seinem Experiment zu viele Klangfarben gleichzeitig abwechseln ließ (während eine sechstönige Melodie immer wieder wiederholt wurde, wechselten sich dabei Ton für Ton fünf verschiedene Instrumente ab). Punita Singh konnte 1987 in seinem Experiment zur Stream Segregation bei Residualtönen zeigen, daß sich eine Melodie aufspaltet, sobald Klänge miteinander abwechseln, deren (virtuelle) Tonhöhe zwar gleich, aber deren Teiltonzusammensetzung unterschiedlich ist (vergl. Tabelle Fig. 7 in SINGH 1987, 893).

Andrew Gregory (1994, 161-174) wiederholte mit den synthetischen Instrumentalklängen eines MIDI-Expanders 1994 einen Versuch, den Tougas und Bregman ähnlich schon 1990 durchführten: Er ließ zwei gegenläufige Tonskalen mit unterschiedlichen Klangfarben sich kreuzen und von 100 Versuchspersonen bewerten, ob am Kreuzungspunkt der weitere Melodieverlauf von der Klangfarbe oder von der Tonhöhe bestimmt wurde. Es zeigte sich auch hier, daß die Trennung der beiden Melodielinien um so leichter vorgenommen werden konnte, je unterschiedlicher die an ihr beteiligten Klangfarben waren (vergl. auch TOUGAS, BREGMAN 1990, 123).

Insgesamt ist also das klangfarbenbedingte Streaming ein schon lange bekanntes Phänomen, jedoch erwies es sich in allen hier zitierten Experimenten als schwierig, ein Konzept darüber aufzustellen, ab wann Klangfarben unterschiedlich genug waren, um den Streaming-Effekt hervorzurufen. Mit Hilfe der von Karl Erich Schumann (1929) gefundenen Formantbereiche läßt sich eine solche Entscheidung jedoch sehr klar treffen, und zwar sowohl für das simultane als auch für das sukzessive Zusammenspiel von formantgeprägten Musikinstrumenten (also Blasinstrumenten):

- 1.) Musikinstrumente mit übereinstimmenden Hauptformanten werden im Unisono eher als homogen verschmelzend wahrgenommen und führen beim alternierenden Zusammenspiel eher zur Wahrnehmung einer einzigen durchgehenden Melodie.
- 2.) Musikinstrumente mit unterschiedlichen Hauptformanten werden auch im Unisono eher separiert wahrgenommen und führen beim alternierenden Zusammenspiel

eher zur Wahrnehmung zweier Melodien im Sinne einer latenten Zweistimmigkeit.

#### Literatur:

- Erickson, R.: New music and psychology, In: The Psychology of Music. Hg.: Diana Deutsch, Academic Press, London 1982, S. 517-536.
- Fricke, J. P.: Zur Anwendung digitaler Klangfarbenfilter bei Aufnahme und Wiedergabe, In: Bericht über die 14. Tonmeistertagung München 1986, S. 135-148.
- Gordon, J. W.: The perceptual attack time of musical tones, In: JASA 82, 1987, S. 88.
- Gregory, A. H.: Timbre and Auditory Streaming. In: Music Perception 12/2, 1994, S. 161-174.
- Jacob, G.: The elements of orchestration, October House, New York 1962.
- Jadassohn, S.: Lehrbuch der Instrumentation, Musikalische Kompositionslehre Bd. 5, Breitkopf & Härtel, Leipzig 1889.
- Kling, H.: Populäre Instrumentationslehre mit genauer Beschreibung der Eigenthümlichkeiten jedes Instrumentes, Oertel, Hannover 1882.
- Kunitz, H.: Die Instrumentation. Bd. 1-13, VEB Breitkopf & Härtel, Leipzig 1956-1961.
- Lobe, J. C.: Lehrbuch der musikalischen Komposition. Zweiter Band. Die Lehre von der Instrumentation, 3. Auflage, Breitkopf & Härtel, Leipzig 1878
- Martin, K.D.: Sound-Source Recognition: A Theory and Computational Model. Diss. MIT 1999. (<ftp://sound.media.mit.edu/pub/Papers/kdm-phdthesis.pdf>)
- Marx, A. B.: Die Lehre von der musikalischen Komposition, vierter Theil, 2. Auflage, Breitkopf & Härtel, Leipzig 1851
- McAdams, S., Bregman A. S.: Hearing Musical Streams. In: Computer Music Journal 3, 1979, S. 26-43.
- Piston, W.: Orchestration, Victor Gollancz LTD, London 1955.
- Prout, E. (1835-1909): Elementar-Lehrbuch der Instrumentation, Deutsche Übersetzung von Bernhard Bachur, 2. Auflage, Breitkopf & Härtel, Leipzig 1888.
- Rasch, R. A.: The perception of simultaneous notes such as in polyphonic music, In: Acustica 40 1978, S. 21-33.
- Reuter, C.: Die auditive Diskrimination von Orchesterinstrumenten. Lang, Frankfurt 1996.
- Rimski-Korssakow, N.: Principles of orchestration. Englisch translation by Edward Agate, ed. by Maximilian Steinberg, Kalmus, New York 1912.
- Rogers, B.: The art of orchestration. Principles of tone color in modern scoring, APP Greenwood Press, Westport, Connecticut 1970.
- Schumann, E.: Physik der Klangfarben, Habilitationsschrift Berlin 1929.
- Singh, P. G.: Perceptual organization of complex-tone sequences: A tradeoff between pitch and timbre? In: JASA 82, 1987, S. 886.
- Tougas, Y., Bregman, A. S.: Auditory Streaming and the Continuity Illusion, In: Perception & Psychophysics 47 1990, S. 121-126.
- van Noorden, L.P.A.S.: Temporal Coherences in the Perception of Tone Sequences. Diss. Technische Hochschule Eindhoven, Holland 1975.
- Wessel, D. L.: Timbre space as a musical control structure, In: Foundations of Computer Music. Hrsg. v. C. Roads, J. Strawn, MIT Press, Cambridge, Massachusetts 1985, S. 640.
- Widor, C.-M.: Die Technik des modernen Orchesters. Ein Supplement zu Berlioz' Instrumentationslehre. Aus dem Französischen übersetzt von Hugo Riemann, Breitkopf & Härtel, Leipzig 1904.