

# Schumann und die Klangfarbengesetze. Wo lagen die Schwierigkeiten ihrer Akzeptanz?

Jobst P. Fricke

Musikwissenschaftliches Institut, Universität zu Köln, 50923 Köln, E-mail: alm01@uni-koeln.de



Abbildung 1: (Karl) Erich Schumann

## Lebensdaten:

5. Jan. 1898 - 25. April 1985.

Frontsoldat und Flieger 1915-1918.

1919 Abitur, anschließend Studium der Physik, Mathematik, Musikwissenschaft und Psychologie an der Universität in Berlin.

Promotion 1922 mit Diss. "Abhängigkeitsbeziehungen zwischen der objektiven und subjektiven Tonintensität" am Institut für Systematische Musikwissenschaften (Carl Stumpf).

Habilitation 1929 mit Habilitationsschrift "Über Klangfarben", *venia legendi* für Systematische Musikwissenschaft mit besonderer Berücksichtigung der Akusik.

Von seiner Habil.-Schrift ist unter dem Titel: "Physik der Klangfarben" nur Bd. II, in dem die Holzblasinstrumente Flöte, Oboe, Englisch Horn, Klarinette und Fagott behandelt werden, in den Druck gegangen. Erhalten sind nur die Druckfahnen-Abzüge des Verlages Breitkopf und Härtel, Leipzig, aus dem Jahr 1940 mit persönlichen Korrekturen und Anmerkungen des Verfassers.

Als Privatdozent leitete er seit 1929 die Abteilung Akustik am Physikalischen Institut der Universität.

1931 Verleihung der *venia legendi* für das Gesamtgebiet der Physik, also der experimentellen und theoretischen Physik (ein Vorschlag der Physik-Ordinarien der phil. Fak., zu denen damals Max Planck, Walther Nernst und Max von Laue gehörten).

1933 Ernennung zum "persönlichen ordentlichen Professor"

1934 Leiter der Forschungsabteilung des Heereswaffenamtes (bis 1944).

Nach 1945 erfolgte keine Wiedereingliederung in eine wissenschaftliche Hochschule.

## Ergebnisse der Schumannschen Arbeiten auf dem Gebiet der Akustik

Mitte der 20er Jahre führte Erich Schumann in Berlin Spektraluntersuchungen an Musikinstrumenten durch, deren Ergebnisse er 1928 der phil. Fakultät der Universität als Habilitationsschrift vorlegte. Titel: Über Klangfarben, in den Druck gegangen als "Physik der Klangfarben".

Von dem gesamten Untersuchungsmaterial und den Aufzeichnungen aus damaliger Zeit ist uns nur der Band II in Korrekturfahnen des Verlages Breitkopf und Härtel, Leipzig, aus dem Jahr 1940 erhalten. Er enthält die Analysen der Holzblasinstrumente Flöte, Oboe, Englisch Horn, Klarinette und Fagott und die aus den Analysen abgeleiteten Klangfarbengesetze. Sie bestätigen für diese Instrumente die schon von seinem Lehrer C. Stumpf (1926) geäußerte Vermutung, dass die bei ihnen nachzuweisenden Formanten unabhängig von der gespielten Tonhöhe in festen Frequenzbereichen liegen. Daraus folgt zugleich eine Abgrenzung gegenüber H.von Helmholtz, der als ein Verfechter der sog. Relativtheorie galt. Das zweite Gesetz formuliert darüber hinaus in Analogie zum Wien'schen Verschiebungsgesetz auch für die Musikinstrumente eine Verlagerung der Energiekonzentrationen auf höhere Frequenzen, die bei intensiverer Anregung, also beim Übergang von Piano zum Forte, stattfindet und sich dabei vor allem innerhalb der Formantzonen abspielt.

## Kritik und Würdigung

Im ersten Gesetz, dem Formantstreckengesetz, wird die Gesamtheit der Musikinstrumente angesprochen [9]. Diese Verallgemeinerung ist natürlich nicht zutreffend. Denn nicht bei allen Musikinstrumenten sind Formanten nachweisbar. Auszuschließen sind Klavier- und Streich-Instrumente sowie das gesamte Schlaginstrumentarium. Noch deutlicher kommt die nicht zutreffende Verallgemeinerung zum Ausdruck in der Veröffentlichung von Mertens [2]. In einwandfreier und nachvollziehbarer Form sind die Gesetze bei Reuter [3] wiedergegeben. Weiter muss bedenklich stimmen, dass Schumann offenbar Resonanzen für die Entstehung der Formanten verantwortlich machte. Derartige Äußerungen sind nicht geeignet, Physiker von der Richtigkeit der Klangfarbengesetze zu überzeugen. Denn eine Entstehung fester Formanten durch Resonanz ist bei Blasinstrumenten nicht möglich.

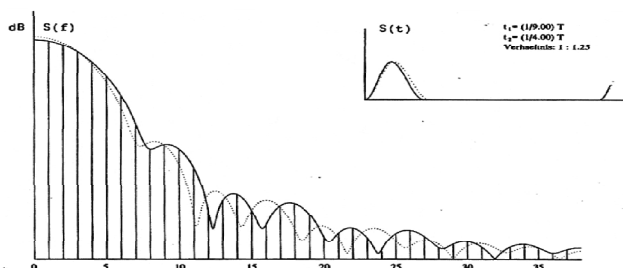
Grundsätzlich können alle Musikinstrumente nach dem Prinzip der Vokalklangentstehung beschrieben werden (1):

$$S(i\omega) \times D(i\omega) \times R(i\omega) = F(i\omega) \quad [\text{keine}] \quad (1)$$

$S(i\omega)$  = Quellenspektrum,  $D(i\omega)$  = Übertragungsfunktion des Resonanz- und Abstrahlsystems (Instrumentenkörpers),  $R(i\omega)$  = Abstrahlfunktion,  $F(i\omega)$  = Klangereignis, das wahrgenommen oder zur Analyse aufgenommen wird.

Bei den Musikinstrumenten sind jedoch die charakteristischen Frequenzbereiche von S, D und R anders angeordnet als bei der Stimme. Vor allem die Kopplung zwischen D und S unterscheidet sich grundlegend. Bei den Blasinstrumenten werden die Eigenfrequenzen von D dazu verwendet, die Grundfrequenz von S zu steuern. Mit Hilfe von Grifflöchern, Klappen oder Zuglängen werden sie variiert. Damit entfallen die Resonanzen für eine von der Grundfrequenz unabhängige Filterung. In diesem Punkt hatte Schumann falsche Vorstellungen von der Entstehung der Formanten bei Blasinstrumenten.

Die Möglichkeit, Formanten mit festen Frequenzen zu erzeugen, kann dann bei Blasinstrumenten nur in der Zeitfunktion  $S(t)$  des Quellenspektrums begründet liegen. Zeitstrukturen mit Impulsen konstanter Dauer liefern Spektren mit formantähnlicher Charakteristik  $S(f)$  [4] [5] [6] ähnlich der, die von Rechteck- und Dreieckimpulsen bekannt ist. Untersuchungen von Blens [1] zeigen, dass dies (mit wenigen Ausnahmen) für alle Impulsformen gilt. Abb. 2 gibt ein Beispiel für einen unsymmetrischen Cosinus-Impuls.



**Abbildung 2:** Impulsgenerierte Spektren: Pulsbreitenvariation (aus unveröff. Staatsarbeit J. Blens 1995 [1])

Durch die bei tiefen Frequenzen sehr schwache Schallabstrahlung bei den Musikinstrumenten ergibt sich eine Absenkung in Richtung tiefer Frequenzen, die zur Ausbildung des unteren Formanten führt. Luce [7] hat ihn durch die Cutoff- und Rolloff-Frequency ermittelt, dabei die weiteren Formanten aber nicht beachtet. Da minimale Änderungen der Zeitfunktion schon erhebliche Änderungen der spektralen Struktur verursachen, ist die Konstanz der Formantbereiche stark anfällig für kleine Variationen des Ansatzes beim Blasen. Formanten der Blasinstrumente weisen deshalb nicht die Konstanz auf, die bei den Vokalformanten zu finden ist. Vorbedingung für den Erfolg von Schumanns Versuchen war daher die akustische Selbstkontrolle, die klangliche Überprüfung jedes einzelnen Tones und der Einsatz erstklassiger Orchestermusiker. Insbesondere waren die starken Unterschiede zwischen den piano und forte angeblasenen Klängen zu beachten.

Schumann konnte die Gesetzmäßigkeiten dieser Variationen nur herausfinden, weil er die gesamte Tonskala jedes Instruments in allen dynamischen Stufen getrennt auswertete.

Max Planck bescheinigte ihm dafür in seiner Stellungnahme zu der Arbeit "Gewissenhaftigkeit und Sauberkeit in der Ausführung" [8].

## Literatur

- [1] Blens, J.: Die Zuordnung der von Blasinstrumenten bekannten Impulsformen zu ihren Spektren mit Hilfe der Fourieranalyse. mschr. Hausarbeit zur Ersten Staatsprüfung Sek. II, HfM, Köln 1993.
- [2] Mertens, P. H.: Die Schumannschen Klangfarbengesetze und ihre Bedeutung für die Übertragung von Sprache und Musik, Diss. Köln, Bochinsky, Frankfurt/Main 1975.
- [3] Reuter, Chr.: Die auditive Diskrimination von Orchesterinstrumenten, Diss. Köln. Peter Lang Verlag, Frankfurt/Main (1996).
- [4] Fricke, J. P.: Formantbildende Impulsfolgen bei Blasinstrumenten, in: Fortschritte der Akustik, DAGA '75, Braunschweig 1975, S. 407-411.
- [5] Fricke, J. P.: Die Impulsformung: ein Erklärungsmodell für Klangentwicklung und Klangideal bei Holzblasinstrumenten, in: Das Instrumentalspiel, Bericht vom Internationalen Symposium Wien 1988, Doblinger, Wien 1989, S. 109-118.
- [6] Fricke, J. P.: Transients with Irregular Pulses in the Pulse Forming Sound Generating Process, in: Proceedings of CIARM '95, 2nd International Conference on Acoustics and Musical Research, ed. by F. Pedrielli, Ferrara 1995, p. 73-78.
- [7] Luce, D. A.: Dynamic Spectrum Changes of Orchestral Instruments, in: Journal of the Audio Engineering Soc. Vol. 23, 1975, 565-568.
- [8] Luck, W.: Erich Schumann und die Studentenkompanie des Heereswaffenamtes – Ein Zeitzeugenbericht, in: Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften Nr. 27, 2001, 27-45.
- [9] Schumann, E.: Zur Physik der Vokalklangfarben, in: Musicae Scientiae Collectanea, Festschrift K. G. Fellerer zum 70. Geburtstag, ed. H. Hüschen, Arno Volk, Köln 1973, 527-531.