

Wogram, Klaus

Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig

Diskrepanz zwischen Tragfähigkeit und Hörbarkeit von Blechblasinstrumenten

#### Summary

For some brass-instruments a special capability for dominance of their sounds are attested, although there is no possibility for the player to recognize this attribute directly. It is examined, which acoustical parameters influence the capability of brass-instruments to be separated from the other instruments of an orchestra under different conditions. Besides it is tried, to find an answer to the question, why the player sometimes does not hear himself in the same way as the audience. It is tried to correlate the capability for dominance of the sounds with the taper of some trombones to know their popularity.

#### 1. Einleitung

Der künstlerische Ablauf eines Musikstückes ist geprägt durch die klangliche Ausdrucksgestaltung, die sich neben anderen Faktoren vornehmlich durch die Wahl der Dynamik der einzelnen Instrumentengruppen erreichen läßt. Neben der reinen Schallpegeländerung ergeben sich bei Wechsel der Dynamikstufe jedoch auch Änderungen der Klangspektren, die zu einer Vergrößerung des subjektiv empfundenen Lautstärkeindrucks führen. Vor allem bei den Blechblasinstrumenten erfährt das Klangspektrum eine starke Abhängigkeit der höheren Harmonischen von der Anblasstärke als bei irgendeiner anderen Instrumentengattung. Während sich nämlich die Grundwelle vom Crescendo mf zum ff um ca. 15 dB vergrößert, steigen die höheren Harmonischen bei z.B. 5000 Hz um mehr als 30 dB an. Das genaue Maß dieser verschiedenen Steigerungen hängt vom verwendeten Instrument sowie dem Mundstück ab und ist zudem von den bläserischen Eigenschaften des Musikers geprägt.

Im Orchester erwartet der Dirigent eine seinen Vorstellungen entsprechende Klangfarbe und Lautstärke von dem Bläsersatz, die von den Musikern durch Wahl geeigneter Instrumente erreicht werden. Bei den Proben kommt es dabei vor, daß der Dirigent eine weitere Steigerung der Dynamikstufe im Blechsatz verlangt, die von den Musikern nicht akzeptiert wird. Sie haben das Gefühl, laut genug zu blasen, daß ihre Stimme jedoch beim Dirigenten oder im Zuhörer-raum nur mit Mühe zu erkennen ist. Andererseits gibt es ebenso Gelegenheiten, wo der Dirigent die Bläsergruppe in der Dynamik abzusenken versucht, obwohl die Musiker das Gefühl haben, derart leise zu spielen, daß sie sich selbst kaum deutlich genug hören. Dieses ist jedoch für eine einwandfreie Funktion des

Regelkreises Lippen-Instrument-Ohr-Gehirn-Lippen eine der wichtigsten Voraussetzungen. Diese Diskrepanz zwischen der Hörbarkeit eines Blechblasinstrumentenklanges an Ort des Bläusers und der Tragfähigkeit, also der Hörbarkeit am Ort des Zuhörers im Saal wird an drei Tenorposaunen verschiedenartiger Mensur untersucht. Es handelt sich um eine enge Tenorposaune mit 12 mm-Zug und einen Schallstückdurchmesser von 230 mm (A groß), einem gleichen Modell, bei dem das Schallstück derart gekürzt wurde, daß sich ein Durchmesser von 180 mm ergibt (A klein) sowie einer weiten Posaune mit 13,5 mm-Zug und einem 220 mm Schallstück (B). Alle Instrumente wurden mit dem gleichen Mundstück verwendet.

## 2. Objektive Messungen

Zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften der Vergleichsinstrumente wurde die künstliche Anblasvorrichtung eingesetzt, die im Labor für Musikalische Akustik der PTB entwickelt worden ist. Eine durch einen Scheibenläufermotor angetriebene Sirene moduliert einen Druckluftstrom zu einer Schallwelle, die in das Instrument geleitet wird. Bei konstantem Luftdruck und Drehzahl d.h. Frequenz der Anblasvorrichtung wird der vom Instrument abgestrahlte Schall im reflexionsfreien Raum aufgenommen und eine Spektrumsanalyse durchgeführt. Die Hüllkurven der Klangspektren sind für die drei Instrumente in Abb. 1 wiedergegeben. Ein Vergleich der Hüllkurven für die Instrumente 'A groß' und 'A klein' zeigt eine gute Übereinstimmung unterhalb ca. 1 kHz. Oberhalb dieses Wertes enthält der Klang aus dem kleineren Schallstück einen stärkeren Obertongehalt, was zu einer helleren und rauheren Klangfarbe in Rohrachse führt. Anders verhält es sich mit dem weitmensurierten Instrument 'B', das gegenüber dem 'A groß' mit vergleichbarem Schallstückdurchmesser nur im Bereich 3,5 kHz bis ca. 6 kHz einen stärkeren Obertongehalt aufweist. Berücksichtigt man die Kurven gleicher Lautstärke, so ist aber der Bereich von 2 - 6 kHz derjenige, bei dem das Gehör die größte Empfindlichkeit aufweist.

Neben den Klangspektren wurden die Richtcharakteristiken sowie das Vor-Rück-Verhältnis (V/R) zwischen der Schallabstrahlung in Trichterachse und der Stelle, wo sich der Kopf des Bläusers befindet, gemessen. Die Instrumente zeigen nahezu die gleichen Abstrahlungseigenschaften; die Halbwertsbreiten betragen bis 250 Hz noch 360° und nehmen dann rasch bis auf 24° bei 10 kHz ab. Das V/R-Verhältnis steigt dabei von 0 dB bei 250 Hz auf ca. 30 dB bei 10 kHz an.

## 3. Messungen mit Musiker

Werden die Instrumente von einem Posaunisten im reflexionsfreien Raum angeblasen, so zeigen sich Klangspektren, deren Hüllkurven in Abb. 2 wiedergegeben sind. Hier finden wir annähernd die gleiche Tendenz wieder; die Komponenten unterhalb 600 Hz werden vom weitmensurierten Instrument 'B' am besten und vom engeren Instrument mit kleinem Schallstück 'A klein' am schlechtesten abgestrahlt. Oberhalb etwa 1 kHz dominieren dann jedoch die Obertöne dieses Instrumentes, wohingegen Kurvengleichheit zwischen 'A groß' und 'B' bis über 2 kHz besteht. Oberhalb dieser Grenze erweist sich jedoch 'B' als besserer Strahler im Vergleich mit 'A groß'.

Geht man in einen kleinen Konzertraum mit einer Nachhallzeit von ca. 1 Sekunde (Studio des Labors), so erhält man die spektralen Hüllkurven der Abb. 3. Hier zeigt sich eine Änderung der im reflexionsarmen Raum gemessenen Tendenz. Zwar ist auch hier das Instrument 'A klein' das mit der hellsten und rauhesten Klangfarbe, jedoch ist die bessere Schallabstrahlung von 'B' im Bereich oberhalb 2,5 kHz nicht mehr zu erkennen. Vielmehr

ergibt sich ein gleichförmiger Abfall der Hüllkurven für 'A klein' zu 6,7 dB / kHz, für 'A groß' zu 8,9 dB / kHz und für 'B' zu 13,3 dB / kHz.

Zur Bestimmung der Hörbarkeit der Instrumentenklänge beim Spieler wurden Aufnahmen mit Kunstkopfbügelmikrophonen (Sennheiser Typ MKE 2002) am Gehörgang des Bläasers beim Anblasen der Instrumente im reflexionsfreien Raum durchgeführt. Es wurde eine Tonleiter über zwei Oktaven plus Pedalton derart geblasen, daß in 3 m Abstand vor dem Schallstück ein Schallpegel von 90 dB eingehalten wurde. Abb. 4 zeigt die Pegelüberhöhungen am linken bzw. rechten Ohr des Bläasers gegenüber dem Referenzpegel für die drei Vergleichsinstrumente. Die Differenzen zwischen dem Pegel am linken und am rechten Ohr betragen im Mittel 10,3 dB; 11 dB und 12,6 dB für die Instrumente 'A groß'; 'A klein' und 'B'. Da das rechte Ohr stark benachteiligt ist, kann das Schallsignal am linken Ohr als das für die Lautstärkeempfindung wichtigere Signal angesehen werden. Im Mittel ist die Pegelüberhöhung am linken Ohr aber für die Instrumente 'A groß', 'A klein' und 'B' 16,5 dB; 17,5 dB und 18,7 dB, d.h. das Instrument 'B' wird vom Spieler am besten gehört, dann 'A klein' und zuletzt 'A groß'.

Betrachtet man die Spektren des Schallsignales am linken Ohr des Spielers für den Ton b, so erhält man die in Abb. 5 dargestellten Hüllkurven. Hier wird deutlich, daß die tiefen Harmonischen bis ca. 1000 Hz bei dem Klang des Instrumentes 'B' dominieren und wegen der kreisförmigen Richtcharakteristik gut vom Spieler zu hören sind. Etwas ungünstiger sieht es für das Instrument 'A groß' aus, bei 'A klein' haben die höheren Harmonischen bereits derart große Amplituden, daß sie den Gesamtpegel maßgebend mitbestimmen.

#### 4. Schlußbetrachtung

Aus den Messungen ergeben sich folgende Zusammenhänge:  
Zur Erlangung einer guten Hörbarkeit durch den Spieler ist es erforderlich, daß das Instrument einen kräftigen Grundtonbereich aufweist. Dieses kann leichter und besser durch die Wahl einer weiten Mensur erreicht werden als durch Verringerung des Schallbecherdurchmessers. Für die Tragfähigkeit eines Klanges sind die Bereiche der tiefsten Komponenten bis 1000 Hz sowie vor allem 2 - 6 kHz von Bedeutung. Da die Klangspektren der Blechblasinstrumente mit wachsender Dynamikstufe an Obertongehalt zunehmen, muß man den Einfluß der Bauform in Relation zur Lautstärke sehen. Für niedrige bis mittlere Dynamikstufen (kleine Besetzung) eignen sich besonders engmensurierte Instrumente mit großem Schallstück, da sie eine helle Klangfarbe und eine noch ausreichende Grundtonabstrahlung aufweisen. Weitmensurierte Instrumente sind in diesem Dynamikbereich ungünstig, da die tragenden höheren Harmonischen in ihrem Klang fehlen. Für höhere Dynamikstufen (große Besetzung; Bruckner) empfiehlt sich die Verwendung von weitermensurierten Instrumenten, da sie über eine gute Abstrahlung der tiefen Teiltöne verfügen und sich die höheren Harmonischen beim kräftigen Anblasen entwickeln. Hier sind die engmensurierten Instrumente von Nachteil, da die Balance zwischen tiefen und hohem Frequenzgebiet verloren geht. Völlig unbrauchbar sind auch hier Instrumente mit kleinem Schallstück, da ihre Klangfarbe durch "Knattergeräusche" unbefriedigend mit dem Orchesterklang verschmilzt.

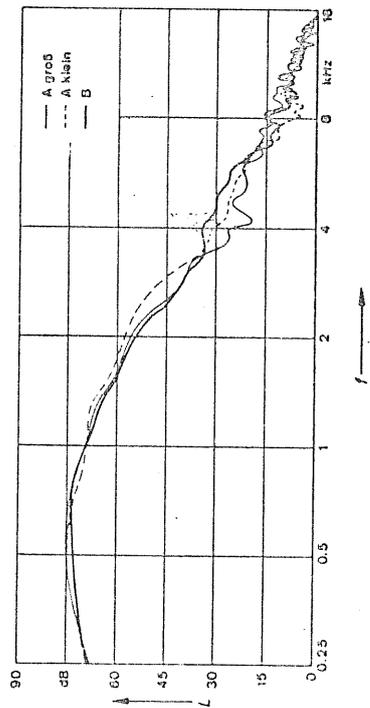


Abb. 1

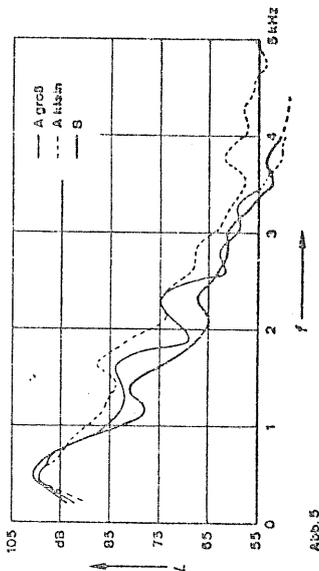


Abb. 5

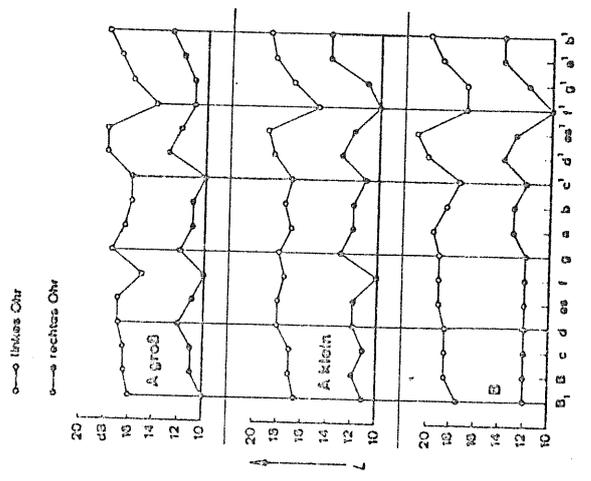


Abb. 4

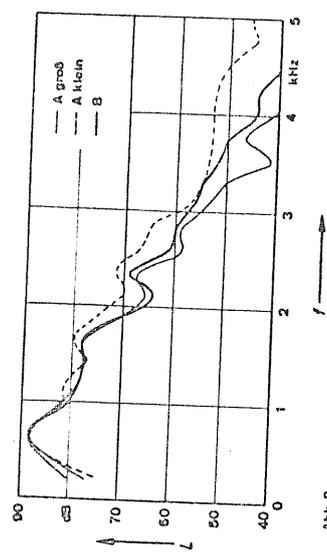


Abb. 2

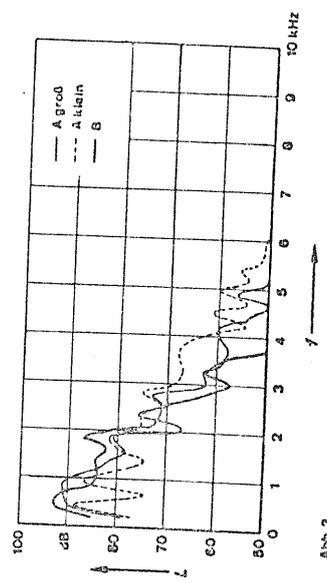


Abb. 3