

Rainer Egger

Zur Frage der Wandvibrationen von Blechblasinstrumenten. Wie wirkt sich das Vibrationsmuster der Rohrkonstruktion auf die Spielcharakteristik eines Blechblasinstruments aus?

Das Rohr eines Blechblasinstruments hat zunächst nur die Funktion, die schwingende Luftsäule zu begrenzen. Zugleich beeinflusst sie diese durch ihr eigenes Schwingungsverhalten: Die beiden schwingungsfähigen Systeme Rohr und Luftsäule sind akustisch miteinander gekoppelt, wenn sie in Schwingung kommen. Wenn sich Rohr- und Luftschwingung nun gegenseitig beeinflussen, ist zu erwarten, dass sich das Vibrationsmuster des Rohrs beim Spielen des Instruments bemerkbar macht. Diese Erkenntnis beruht auch auf empirischen Spieltests mit Musikern: In ihrer Mensur identische Instrumente, die aber nach unterschiedlichen Methoden hergestellt worden waren, wurden angespielt. In der Folge war es möglich, die Spielcharakteristiken der Instrumente voneinander zu unterscheiden und den Herstellungsmethoden zuzuweisen. Das Vibrationsverhalten eines Rohrs hängt also wohl von der gewählten Bearbeitungsmethode ab.

Manche Autoren negieren den Einfluss der Wand auf das Spielverhalten eines Instruments,¹ andere sehen immerhin weiteren Forschungsbedarf.² Die erwähnten Erfahrungen aus der Praxis überzeugten mich, am vorliegenden Projekt zu historisch informiertem Blechblasinstrumentenbau teilzunehmen.

Nicht jede Legierung lässt sich gleich (gut) umformen. Heute nicht mehr übliche Messinglegierungen erfordern Umformprozesse, die teilweise ebenfalls nicht mehr gebräuchlich sind. Die akustische Wirkung hängt also womöglich von einem Zusammenspiel der »richtigen« Metallzusammensetzung mit der dazu passenden Fertigungsmethode ab. Im vorliegenden Artikel sollen diese praktischen Erfahrungen plausibilisiert werden, vorerst unabhängig davon, ob es die Legierung selbst, die Bearbeitungstechnik oder die Wechselwirkung beider Parameter ist, die zu unterschiedlichen Resultaten führt. Folgende Themen werden darin dargestellt:

- Energieübertragung von der schwingenden Luftsäule auf die Rohrkonstruktion;
- Auswirkungen solcher Energieübertragungen auf das charakteristische Spielverhalten im musikalischen Sinn;

- ¹ So unter anderem Karl Hachenberg: Evaluation of the Composition and Technological Properties of Historical Brass in Instrument Manufacture of the Sixteenth to Eighteenth Centuries, in: Brass Scholarship in Review. Proceedings of the Historic Brass Society Conference at the Cité de la Musique, Paris, 1999, hg. von Stewart Carter, New York 2006, S. 53–75, hier S. 74.
- ² Siehe James Whitehouse: A Study of the Wall Vibrations Excited during the Playing of Lip-reed Instruments, Milton Keynes 2003, S. 25.

ABBILDUNGEN 1, 2 Das Schwingungssystem zum Zeitpunkt 0 (rechts) und nach halber Schwingungsdauer (darunter)

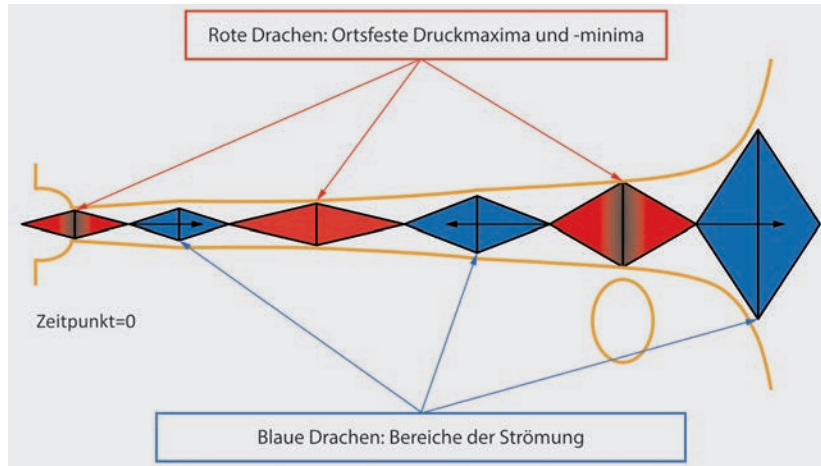
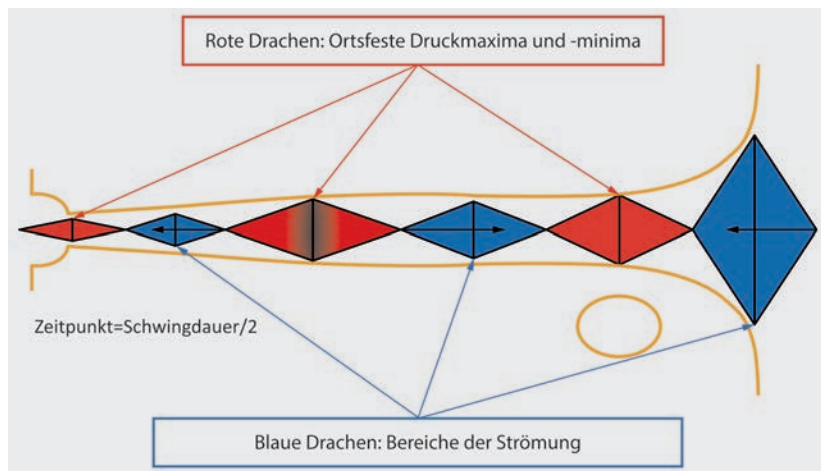


ABBILDUNG 3 (unten) Herstellung möglichst identischer Rohre aus unterschiedlichen Materialien



Unter gehämmertem Blech verstehen wir, dass durch Treiben des Blechs dessen Wandstärke vermindert wird.

Der Spalt, der sich beim Herstellen des Rohres aus Blech ergibt, wird als stumpfe Lötnaht hart verlötet.

Bestimmung der Innen- und Aussen-Durchmesser durch Ziehprozess.

- Vibrationsmessungen an der Rohrkonstruktion eines Messobjekts;
- Messen der abgestrahlten Energie am Schallstückausgang desselben Messobjekts;
- Interpretation der Messdaten und Konklusionen.

Das Schwingungssystem einer stehenden Luftsäule ist in Abbildungen 1 und 2 dargestellt. Die roten Drachen symbolisieren die Orte der Druckbäuche. Hier schwingt der Druck von einem Maximum (dunkelrot) zu einem Minimum (hellrot). Da Druckbäuche und -knoten (blaue Drachen) ortsgebunden sind, lösen die Druckimpulse durch die Druckbäuche eine Energieübertragung auf die Rohrwand aus. Dadurch wird der schwingenden Luftsäule Energie entzogen. Dieses pulsierende Verhalten der zwei gegensätzlichen Impulse von Überdruck und Unterdruck (Expansion und Kontraktion) versetzt die Rohrkonstruktion in Vibration.

An den Orten der Druckknoten strömen jeweils die Luftteilchen von den Überdruck- zu den Unterdruckregionen. Hier wird keine Energie auf die Rohrwand übertragen, es entsteht aber ein Dämpfungseffekt durch die Reibung. Abbildung 2 zeigt die Situation nach halber Schwingungsdauer. Die Überdruckregionen (dunkelrote Drachen) haben sich nun in einen Unterdruck umgewandelt (hellrot). Entsprechend kehrt sich jetzt auch die Flussrichtung der Luftteilchen um (symbolisiert durch die Pfeile in den blauen Drachen).

Wenn wir die Kontur des Rohrverlaufs zu diesen beiden Schwingungszeitpunkten vergleichen, so sehen wir, dass sich das Rohr an den Orten der Druckknoten entsprechend der Drucksituation (Über- oder Unterdruck) verformt. Es kommt also zu einer Querschnittsflächen-Veränderung beziehungsweise geometrischen Verzerrung des Rohres. Die Verformungsgeschwindigkeit hängt von der Frequenz des gespielten Tones ab. Je höher der gespielte Ton ist, umso schneller verformt sich das Rohr. Fazit: Wenn ein Blechblasinstrument gespielt wird, sehen wir mit bloßem Auge eine statische Rohrkonstruktion – dem ist aber nicht so: Alles vibriert in Abhängigkeit von Frequenz und Dynamik.

Grundsätzlich wird der schwingenden Luftsäule bei ihrer Fortpflanzung im Instrumentenrohr immer Energie entzogen. Die Energie der Lippenschwingung ist immer größer als diejenige des abgestrahlten Klangs. Die Energie-Differenz zwischen der Anregung und der Abstrahlung bestimmt die Spielcharakteristik eines Blasinstruments: die Dämpfung. Generell stellen wir fest, dass die Dämpfung, die Differenz zwischen der Anrege-Energie und der Abstrahl-Energie, bei modern funktionierenden Instrumenten kleiner ist als bei historischen und deren Nachbauten.

Wie erwähnt, führen mehrere Ursachen zur Dämpfung. Im Folgenden wird nur die durch die Rohrvibration verursachte Dämpfung beleuchtet. Wir wollen mit Hilfe einiger Messmethoden aufzeigen, wie sich die unterschiedlich starken Vibrationen der Rohr-

konstruktion auf das Schallfeld auswirken. Hierfür haben wir ein trompetenartiges Messobjekt ohne Mundstück gebaut. Es besteht aus einem Schallstück, das bei allen Messungen identisch blieb, und vier Gruppen von Rohren unterschiedlicher Materialität:

1. Gruppe F: 3 Rohre aus französischem Messing, ungehämmt (leicht bleihaltig)³
2. Gruppe N: 4 Rohre aus Nürnberger Blech, gehämmt (stark bleihaltig)
3. Gruppe H: 3 Rohre aus Standardmessing, gehämmt, Legierung CuZn28 (bleifrei)
4. Gruppe S: 3 Rohre aus Standardmessing, ungehämmt, Legierung CuZn28 (bleifrei)

Abbildung 3 zeigt, was wir unter gehämmttem Blech verstehen. Eine solche Hämmung verleiht den modernen, gewalzten Blechen eine amorphe Struktur. Diese führt in der Fertigung zu Resultaten, die sich von denjenigen mit ungehämmtten Ausgangsblechen unterscheiden.

Die Messinglegierung N, die einen höheren Bleigehalt aufweist (2–3 %) lässt sich schlechter walzen oder ziehen. Dieser Bleigehalt war zu Zeiten des berühmten Nürnberger Instrumentenbaus circa 1550–1700 üblich. Damals wurden gegossene Messingbarren durch Hämmern zu Blechen umgeformt – eine Prozedur, die nach unserer Auffassung zum akustischen Verhalten der Nürnberger Instrumente beigetragen hat. Rohre wurden aus Blechzuschnitten hergestellt. Der dabei resultierende Spalt im Rohr musste zugelötet werden. Alle diese Fertigungsschritte beeinflussen das Vibrationsmuster des Rohres und damit auch das akustische Verhalten des Instruments. Ich gehe davon aus, dass die Legierung und die beschriebenen Arbeitsprozesse ursächlich zu den Spieleigenschaften der berühmt gewordenen »Nürnberger« Instrumente beitragen.

Der unten in Abbildung 3 gezeigte abschließende Ziehprozess gibt den Rohren unseres Versuchs eine identische geometrische Genauigkeit des Innen- und Außendurchmessers und eine regelmäßiger Güte der Innenoberfläche. Dabei handelt es sich um eine nicht-historische Prozedur mit nur minimalem Umformungsgrad. Sie wurde im Hinblick auf die im folgenden beschriebenen Versuche ausgeführt, um einen allfälligen Einfluss aufgrund ungenauer Geometrie oder Beschaffenheit der Innenwandoberfläche der Rohre zu minimieren.

Akustische Messungen, Aufbau der Versuchsreihe (1) Messung der Vibration des Rohrs
Die Messungen zur Bestimmung der Vibrationsstruktur des Instrumentenrohrs wurden in der Empa (Eidgenössische Materialprüfungsanstalt) in Dübendorf vorgenommen. Versuchsaufbau (Abbildung 4): Der Lautsprecher gibt ein »weißes Rauschen« ab (enthält alle Frequenzen von 1 bis 4000 Hz). Eine mittlere Lautstärke genügt, um eine Vibration am geraden Rohr messen zu können. Mit einem Laserstrahl, abgegeben vom Laser-

3 Vgl. den Beitrag von Marianne Senn, Hans J. Leber, Martin Tuchschnid und Naila Rizvic, S. 398–419.

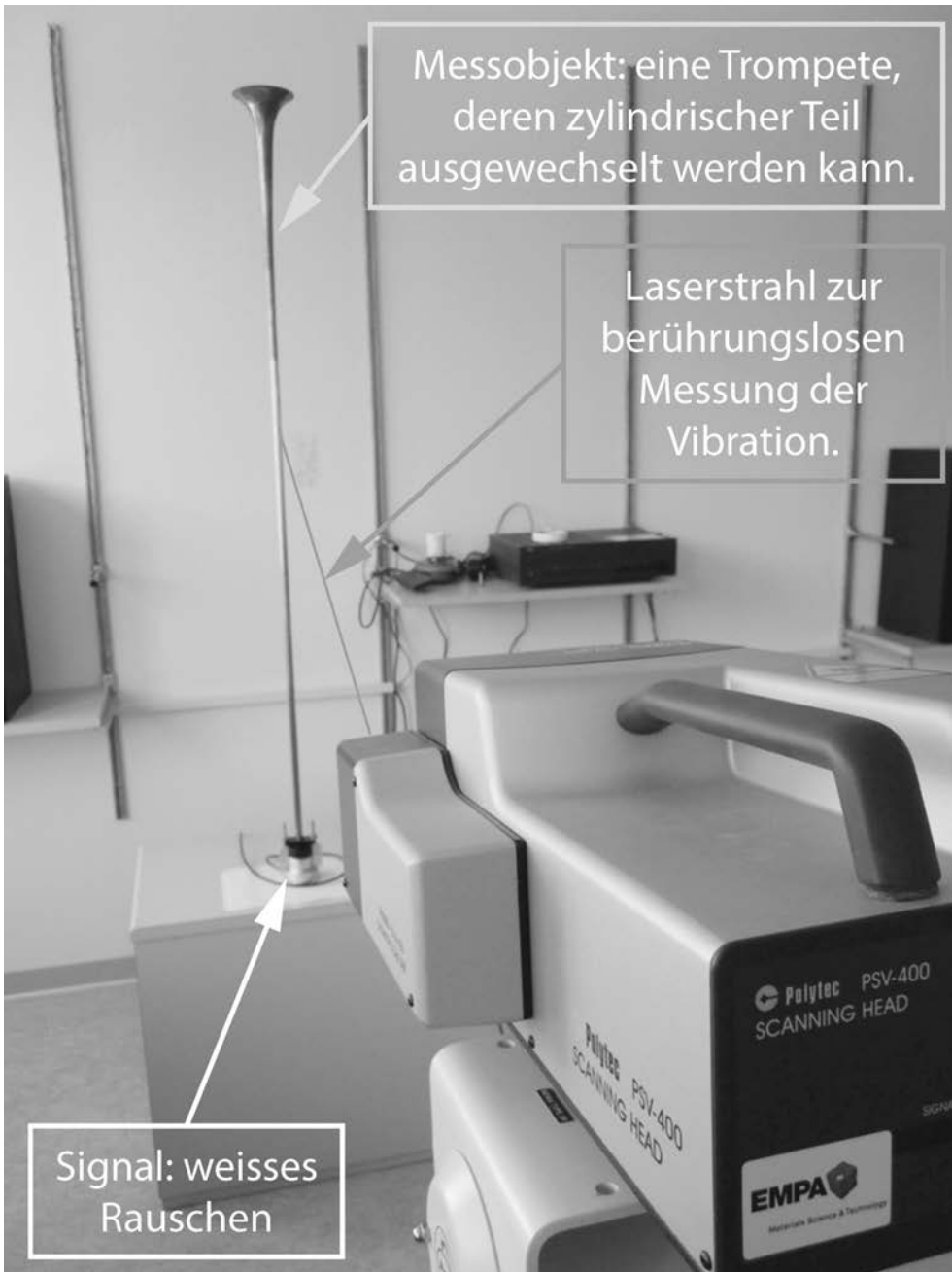


ABBILDUNG 4 Messplatz der Empa Dübendorf zur Bestimmung der Vibrationsstruktur der geraden Rohre unseres Messobjekts mittels Laserstrahl

Scanner und auf die Messstelle des Rohrs gerichtet, wird mittels der zum Gerät zurückkehrenden Reflexion die Vibration gemessen.

Abbildung 5 zeigt die gemittelten Werte der Vibration der vier Gruppen F, H, N und S. Über nahezu den gesamten Frequenzbereich weisen die Gruppen N (blau) und H (rot) höhere Geschwindigkeitswerte auf im Vergleich zu F (grau) und S (grün). Sie müssten gemäß unserer Erfahrungen eine entsprechend größere Dämpfung verursachen. Die Gruppen F und S sind in ihren Werten über den ganzen Frequenzbereich ähnlich.

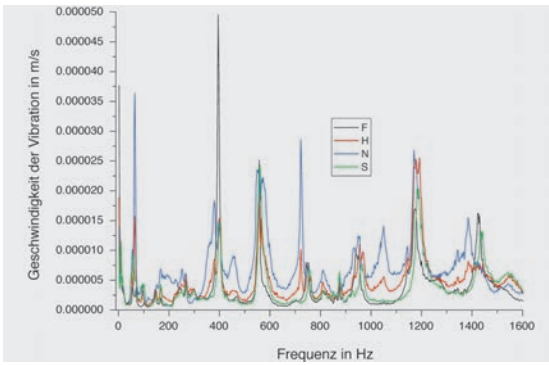
Wir haben aufgrund dieser Resultate im Sinne einer Hypothese – nicht einer abschließenden Auswertung – versucht, das Kriterium der Vibrationsstärke zu quantifizieren (Abbildung 6). Ein generelles Maß für die Vibrationsfreudigkeit, wie sie die Musiker beim Spielen eines Instruments erleben, wäre demzufolge das Integral (die Fläche unter der Kurve, Abbildung 6, Spalte 2). In den Frequenzbereichen, in denen die Kurve eine höhere Vibrationsgeschwindigkeit aufweist, ist sie unregelmäßiger. Diese Unregelmäßigkeit ist in Spalte 3 numerisch umgerechnet. Als drittes Kriterium verwenden wir die Summe der Spitzenwerte jeder Kurve (Spalte 4).

In den Spalten 5 bis 7 haben wir die Werte gewichtet. Die Basis der Berechnung (Wert 1,00) bilden die Werte des Standardmessings S. Aus der Summe dieser drei Kriterien (Integral, Unregelmäßigkeit und Spitzenwert) resultiert ein Wert für die Dämpfungsstärke (letzte Spalte), der die vier Gruppen differenzierter beurteilen lässt.

Je stärker die Vibration der Rohrkonstruktion auf den angeregten Ton reagiert, umso mehr ändert sich aufgrund unserer Vermutung auch das Vibrationsmuster. Unsere Messkurven zeigen die Situation im Mezzopiano. Würden wir mit der hohen Energie eines Fortissimo anregen, so käme es vermutlich auch bei den Kurven F und S zu einer ausgeprägteren Resonanzbildung bei 1050 Hz. Was sich hier im Mikrometerbereich abspielt, dürfte komplex sein und ist Gegenstand zukünftiger Untersuchungen. Wir postulieren – weiterhin im Sinne einer Hypothese –, dass dieser Sachverhalt Auswirkungen auf die Spielcharakteristik eines Blasinstruments hat.

In Abbildung 6 wird – zumindest für unser Messobjekt – schon ein Punkt deutlich. Das Hämmern des Messingblechs vor der Umformung durch den Instrumentenbauer erzeugt eine eigene Vibrationsstruktur: Die beiden gehämmerten Bleche N und H unterscheiden sich deutlich von den ungehämmerten F und S.

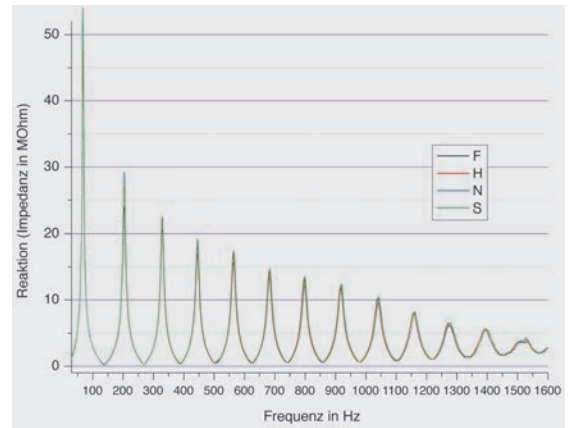
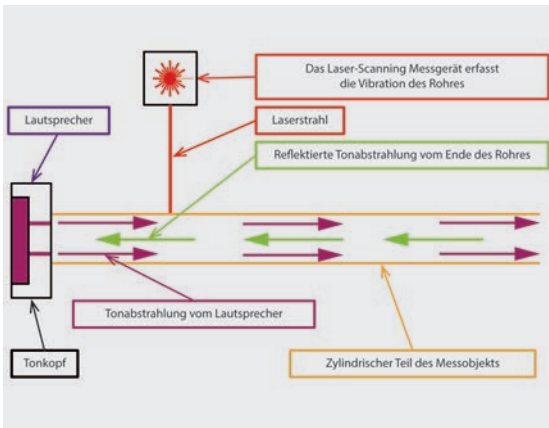
Von unserem oben skizzierten Modell ist abzuleiten, dass ursprünglich gehämmerte Bleche stärker dämpfende Resonanzeigenschaften aufweisen. Wenn wir als Hypothese vom Versuchsobjekt auf das komplexere Musikinstrument schließen, bedeutete dies für den Musiker, dass das Instrument eher instabil und damit für den Spieler »flexibel« funktioniert, die Intonation ist durch den Spieler biegsamer. Instrumente aus ungehämmerten Blechen hingegen verhalten sich von den tiefen bis zu den hohen Tönen ausgeglichener. Das Instrument funktioniert für den Musiker »sicherer« und gleichzeitig auch



ABILDUNG 5 Vibrationsstruktur der unterschiedlich gefertigten Rohre: Die gemittelten Werte der Gruppen von Rohren aus französischem (F, grau), gehämmertem (H, rot), Nürnberger (N, blau) und Standard-Messing (S, grün) zeigen alle die zu erwartenden Resonanzen (Spitzen). Ebenso sind die Differenzen zwischen den Gruppen zu erkennen.

Rohrgruppe	Integral	Unregelmässigkeit der Kurve	Spitzenwert	Gewichtung Integral	Gewichtung Unregelmässigkeit	Gewichtung Spitzenwert	Σ Dämpfungstärke
F	930,2	557,7	1,5	1,01	1,00	1,25	3,26
N	1610,4	873,3	1,9	1,75	1,57	1,58	4,90
H	1480,3	944,6	2	1,61	1,70	1,67	4,98
S	918,5	555,6	1,2	1,00	1,00	1,00	3,00

ABILDUNG 6 Auswertung der Vibrationsmessung mittels Laserstrahl



Resonanzen (in MOhm)					Antiresonanzen (in MOhm)						
Mod	Frequenz in Hz	F	H	N	S	Anti-Mod	Frequenz in Hz	F	H	N	S
1	68	42,97	45,75	52,02	51,14	1	138	0,269	0,192	0,165	0,168
2	203	23,56	26,54	28,56	27,67	2	268	0,263	0,271	0,258	0,257
3	329	20,29	21,93	22,03	21,81	3	388	0,437	0,344	0,33	0,335
4	445	16,57	18	18,69	18,58	4	504	0,439	0,415	0,483	0,391
5	565	15,36	16,81	16,99	16,69	5	625	0,541	0,442	0,438	0,439
6	683	13,27	14,07	14,46	14,31	6	742	0,52	0,542	0,516	0,52
7	798	11,91	12,98	13,29	13,1	7	858	0,645	0,562	0,552	0,549
8	918	11,54	11,85	12,22	12,04	8	981	0,627	0,645	0,615	0,621
9	1040	9,39	10,07	10,28	10,23	9	1101	0,87	0,783	0,77	0,781
10	1160	7,8	7,88	8,07	7,9	10	1219	1,014	1,013	1,032	1,012
11	1275	6,07	6,44	6,45	6,44	11	1339	1,404	1,325	1,311	1,321
12	1396	5,45	5,59	5,34	5,34	12	1455	1,657	1,621	1,616	1,649
13	1524	3,97	3,71	4,22	3,87	13	1569	2,019	1,946	1,95	1,99
Σ Bewertung		188,15	201,62	212,62	209,12	Σ Bewertung		10,705	10,101	10,036	10,033

ABILDUNG 7 (Mitte links) Messaufbau zur Bestimmung der Impedanz- und Vibrationsmessungen

ABILDUNG 8 (Mitte rechts) Eingangsimpedanzmessung am Messobjekt

ABILDUNG 9 Auswertung der Eingangsimpedanzmessung

4	Stärkste Dämpfung	Bewertung 4
3	Starke Dämpfung	Bewertung 3
2	Schwache Dämpfung	Bewertung 2
1	Schwächste Dämpfung	Bewertung 1

Rohrgruppe	Dämpfende Wirkung bei den Resonanzen	Dämpfende Wirkung bei den Antiresonanzen	Rang der Dämpfungstärke
F	4	4	2,67
N	1	2	1,00
H	3	3	2,00
S	2	1	1,00

etwas starrer, die Töne »rasten ein«, gerade weil die Rohrvibration weniger dämpfend auf das Schallfeld einwirkt.

(2) Messung der Eingangsimpedanz Um die Dämpfung zu quantifizieren, benötigen wir die Impedanzmessung. Damit können wir erkennen, wie das Instrument auf die Anregung reagiert.

Zeigt die Impedanzmessung tiefe Werte, ist davon auszugehen, dass das Schallfeld gedämpft wird; als Ursache wäre in unserem Fall die Vibration der Rohrkonstruktion in ihrem festgestellten Muster zu vermuten.

Überall da, wo die Kurve ein Maximum erreicht, ist das Instrument in Resonanz. An den absoluten Impedanzwerten können wir erkennen, wie gut das Schwingungssystem des jeweiligen Instruments die Anregung unterstützt: Bei starker Reaktion sind die Spitzen höher.

Dort wo das Instrument eine Antiresonanz produziert, also bei den Minima des Kurvenverlaufs, erhalten wir Werte, die der Reaktionsstärke des Instruments entsprechen. Je stärker die Reaktion des Systems, desto niedriger ist der Wert des Minimums; hier wird die Anregung unterdrückt. Der Musiker beschreibt dies als »Einrast«-Verhalten beim Anspielen der Töne. Sie sind leichter zu treffen und in der Tonhöhe zu halten, Bindungen wirken abrupter.

Der Dämpfungseffekt des Schallfelds ist demnach an zwei Kriterien erkennbar: (a) an der Unterstützung bei der Anregung des gehaltenen Tons und (b) am Einrastverhalten beim Anspielen der Töne. Beides können wir mittels der Impedanzmessung nachweisen.

Für die Impedanzmessung wurde das Messobjekt mit einem Sinuston angeregt (50 bis 1600 Hz, Abbildung 7). Benutzt wurde derselbe Tonkopf wie bei der Wandvibrationsmessung. Am Eingang des Messobjekts wurde mit einem Mikrofon der Schalldruck gemessen (Eingangsimpedanz).

Wenn die unterschiedliche Fertigung der Rohre einen akustischen Einfluss haben sollte, müssten die Messdaten entsprechend unterschiedlich ausfallen. Abbildung 8 zeigt die Kurven der Eingangsimpedanz der vier Materialgruppen. Die Unterschiede sind klein, was auf das sehr leise Signal zurückzuführen ist. Abbildung 9 stellt die Resonanzen (Maxima) und die Antiresonanzen (Minima) dar, daraus wird ein Dämpfungskriterium abgeleitet.

In jeder Zelle sind zwei Informationen enthalten: Der eingetragene Zahlenwert entspricht dem Impedanzwert der Resonanz beziehungsweise Antiresonanz. Die Hintergrundfarbe bewertet die Rangordnung der Dämpfung. Insgesamt sind dreizehn Resonanzen und Antiresonanzen dargestellt. Die Summenbewertung (unterste Zeile) ist die Aufsummierung aller Impedanz-Werte einer Gruppe beziehungsweise Spalte von Resonanzen und Antiresonanzen; sie sollen einen Gesamteindruck davon vermitteln, was ein

Bläser beim Spieltest wahrnimmt, ohne speziell auf einen Ton oder ein Register einzugehen.

Fazit Wir haben angenommen, dass eine starke Vibration der Rohrkonstruktion eine starke Dämpfung des Schallfelds erzeugt und damit das Spielverhalten des Instruments beeinflusst. Diese Annahme beruht auf Spieltests mit Musikern, bei denen die Gruppen der Bearbeitungen H und S miteinander verglichen wurden. So machten wir die Beobachtung, dass H, bei dem die Vibration der Rohrkonstruktion stärker ist, eine stärker dämpfende Wirkung aufweist. Nach den Versuchen mit zwei weiteren Gruppen beziehungsweise Legierungen hält diese Aussage nicht mehr stand. Die Messungen sagen Folgendes aus beziehungsweise geben Anlass zu folgenden Vermutungen:

- Die Rohrvibration beeinflusst das Spielverhalten eines Instruments, wenn man davon ausgeht, dass die in unseren Versuchen gemessene Dämpfung auf die Vibration der Rohrkonstruktion zurückzuführen ist.
- Es könnte sein, dass nicht nur die Vibrationsstärke hierfür ausschlaggebend ist, sondern dass das Muster der Rohrschwingung (das hier unberücksichtigt blieb) einen Einfluss ausübt.
- Resonanzen: Jede Gruppe lässt eine gewisse Regelmäßigkeit im Resonanzverhalten erkennen. Die Impedanz-Werte stimmen mit der Dämpfungsbewertung überein.
- Antiresonanzen: Schon an der Vielfalt der Hintergrundfarben innerhalb einer Spalte können wir erkennen, dass hier das jeweilige Einrast-Verhalten weniger eindeutig ist. Die Summe zeigt jedoch, dass F eine stärkere Dämpfung ausübt als die drei andern Gruppen, deren Werte nahe beieinander liegen.
- Die Gesamtsicht von Resonanzen und Antiresonanzen (Abbildung 9 rechts unten) unterstreicht, dass die Rohre der Gruppe F die stärkste Dämpfung ausüben.

Wir schließen daraus, dass die Vibrationsstärke des Rohrs nicht das ausschließliche Maß der Dämpfung ist. Demzufolge müssten nun die Vibrationsmuster der Rohrkonstruktion untersucht werden, die sich durch die Bearbeitung und die Legierung ergeben. Im Detail:

- Die Rohre S verursachen wie erwartet die schwächste Dämpfung auf das Schallfeld.
- Bei den Gruppen H und S gleicher Legierung, aber mit jeweils anderer Fertigung wirkt H, wie auch die praktische Erfahrung zeigt, stärker dämpfend als S.
- Die Rohre F erzeugen die stärkste Dämpfung von allen, obwohl die Stärke ihrer Wandvibration gering ist; das entspricht nicht unseren Erwartungen.
- Die Rohre N, obwohl gehämmert, aber aus einer bleihaltigen Legierung, wirken schwach dämpfend; das Resultat ist somit nicht übereinstimmend mit den gehäm-

merten Rohren H und es gibt somit auch keine Übereinstimmung zu F betreffs der bleihaltigen Legierung.

- Die gehämmerten Rohre H und N weisen in den Kurven der Wandvibrationsmessung ähnliche Muster auf; wir leiten davon ab, dass dies auf das Hämmern zurückzuführen ist.

Es bleiben somit viele Fragen offen, die in dieser ersten Versuchsanordnung noch nicht geklärt werden konnten. Einiges muss noch besser verstanden werden. Immerhin konnte aber aufgezeigt werden, dass diese Phänomene messbar sind: Sowohl bei den Rohrwand-Vibrationen als auch bei der Eingangsimpedanz konnten – teilweise im feinsten Bereich – Differenzen festgestellt werden, die auf die Materialität zurückzuführen sind. Dieser Nachweis wird uns in Zukunft mit Sicherheit weitere Erkenntnisse ermöglichen.

Inhalt

Vorwort 7

Cyrille Grenot La facture instrumentale des cuivres dans la seconde moitié du XIX^e siècle en France 11

Claude Maury Les cors omnitoniques 103

Daniel Allenbach Französische Ventilhornsschulen im 19. Jahrhundert 154

Daniel Lienhard Werke für mehrere Hörner aus Frankreich 1800–1950 172

Anneke Scott Jacques-François Gallay. Playing on the Edge 198

Martin Mürner Meifred und die Einführung des Ventilhorns in Frankreich 223

Jean-Louis Couturier Aperçu historique de la pratique du cor naturel en France et de son emploi dans les ensembles à vent 234

Vincent Andrieux L'univers sonore d'Henri Chaussier. Perspectives sur le jeu des instruments à vent en France au début de l'ère de l'enregistrement (circa 1898–1938) 258

Michel Garcin-Marrou L'École française du cor. Fondements historiques, cornistes, facteurs, orchestres et questions de style 303

Edward H. Tarr The Genesis of the French Trumpet School 316

Jeroen Billiet Belgium, France and the Horn in the Romantic Era. Tradition, Influences, Similarities and Particularities 328

Martin Skamletz »... und gar nichts, wodurch sich der eigene schöpferische Geist des Komponisten beurkundete«. Cherubini, Hummel, Konzerte, Opern, Quodlibets und Trompeten in Wien zu Beginn des 19. Jahrhunderts. Teil 2: Aus dem Repertoire der Kaiserin 340

Ulrich Hübner Das Cor Chaussier. Ein Praxisbericht 363

Adrian von Steiger Historisch informierter Blechblasinstrumentenbau. Ein Projekt zur Erforschung der Handwerkstechniken im Blechblasinstrumentenbau in Frankreich im 19. Jahrhundert 377

Jean-Marie Welter The French Brass Industry during the 19th Century 384

Marianne Senn / Hans J. Leber / Martin Tuchschnid / Naila Rizvic Blechblasinstrumentenbau in Frankreich im 19. Jahrhundert. Analysen von Legierung und Struktur des Messings zugunsten eines historisch informierten Instrumentenbaus 398

Hans-Achim Kuhn / Wolfram Schillinger Herstellung bleihaltiger Messingbleche mit modernen industriellen Verfahren 420

- Adrian von Steiger** Zur Vermessung von Wandstärken historischer Blechblasinstrumente 431
- David Mannes / Eberhard Lehmann / Adrian von Steiger** Untersuchung von historischen Blechblasinstrumenten mittels Neutronen-Imaging 439
- Martin Mürner** Blechblasinstrumentenbau im 19. Jahrhundert in Frankreich. Historische Quellen zur Handwerkstechnik 446
- Gerd Friedel** Von der Information zum Instrument 463
- Rainer Egger** Zur Frage der Wandvibrationen von Blechblasinstrumenten. Wie wirkt sich das Vibrationsmuster der Rohrkonstruktion auf die Spielcharakteristik eines Blechblasinstruments aus? 469
- Namen-, Werk- und Ortsregister** 480
- Die Autorinnen und Autoren der Beiträge** 496

ROMANTIC BRASS. FRANZÖSISCHE HORNPRAXIS
UND HISTORISCH INFORMIERTER BLECH-
BLASINSTRUMENTENBAU • Symposium 2
Herausgegeben von Daniel Allenbach, Adrian
von Steiger und Martin Skamletz

MUSIKFORSCHUNG DER
HOCHSCHULE DER KÜNSTE BERN

Herausgegeben von Martin Skamletz
und Thomas Gartmann

Band 6



Dieses Buch ist im Juli 2016 in erster Auflage in der Edition Argus in Schliengen/Markgräflerland erschienen. Gestaltet und gesetzt wurde es im Verlag aus der *Seria* und der *SeriaSans*, die von Martin Majoor im Jahre 2000 gezeichnet wurden. Hergestellt wurde der Band von der Firma Bookstation im bayerischen Anzing. Gedruckt wurde er auf *Alster*, einem holzfreien, säurefreien und alterungsbeständigen Werkdruckpapier der Firma Geese in Hamburg. Ebenfalls aus Hamburg, von Igepa, stammt das Vorsatzpapier *Caribic cherry*. *Rives Tradition*, ein Recyclingpapier mit leichter Filznarbung, das für den Bezug des Umschlags verwendet wurde, stellt die Papierfabrik Arjo Wiggins in Issy-les-Moulineaux bei Paris her. Das Kapitalband mit rot-schwarzer Raupe lieferte die Firma Dr. Günther Kast, Technische Gewebe und Spezialfasererzeugnisse, aus Sonthofen im Allgäu. Im Internet finden Sie Informationen über das gesamte Verlagsprogramm unter www.editionargus.de. Zum Forschungsschwerpunkt Interpretation der Hochschule der Künste Bern finden Sie Informationen unter www.hkb.bfh.ch/interpretation und www.hkb-interpretation.ch. Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar. © Edition Argus, Schliengen 2016
Printed in Germany ISBN 978-3-931264-86-4