

Einsatz von Filtern zur Reduktion der Ausbreitung der Atemluft beim Spielen von Blasinstrumenten und beim Singen während der COVID-19 Pandemie

Lia Becher M.Sc.¹, Prof. Andreas Mühlenberend², Amayu Wakoya Gena M.Sc.¹,
Prof. Dr.-Ing. Conrad Völker¹

¹Bauhaus-Universität Weimar, Professur Bauphysik, Coudraystraße 11a, 99423 Weimar

²Bauhaus-Universität Weimar, Professur Industriedesign, Geschwister-Scholl-Straße 7, 99423 Weimar

in Zusammenarbeit mit der Thüringen Philharmonie Gotha - Eisenach unter der Leitung
des Chefdirigenten Markus Huber

Weimar, den 6. August 2020

Hinweis der Autoren und Autorinnen:

Der folgende Bericht stellt Möglichkeiten dar, mit denen die Ausbreitung der Atemluft und somit die dabei ausgestoßenen Tröpfchen und Aerosole beim Spielen von Blasinstrumenten und beim Singen reduziert werden können. Dabei werden verschiedene Blechblasinstrumente sowie die Querflöte als einziges Holzblasinstrument untersucht. Da bei Holzblasinstrumenten die in das Instrument geblasene Atemluft nicht nur aus dem Schallbecher, sondern auch aus den Tonlöchern und teilweise neben dem Mundstück entweicht, ist der Einsatz eines Filters vor dem Schallbecher weniger zielführend. Für weitere Informationen über die Ausbreitung der Atemluft beim Spielen von Blasinstrumenten sei auf Becher et al. (2020) verwiesen. Mit dem im Folgenden vorgestellten Schlierenverfahren wird die beim Singen und Spielen der Instrumente erfolgende Ausbreitung der Luftströme, die infektiöse Aerosole enthalten könnten, sichtbar gemacht. Die tatsächliche Verbreitung von Aerosolen wird nicht erfasst. Die dargestellten Auswertungen können demnach nur herangezogen werden, um zu ermitteln, wie weit und in welchem Ausmaß die ausgeatmete Luft unmittelbar in den Raum transportiert wird. Auch ist anzumerken, dass jeder Bläser und jede Bläserin neben den individuellen physischen Eigenschaften eine eigene Blastechnik entwickelt hat. Weiterhin muss der Winkel berücksichtigt werden, in dem das Instrument gespielt wird, um einschätzen zu können, in welche Richtung die Luft aus dem Schallbecher entweicht. Die unten dargestellten Abbildungen und Erläuterungen sind somit nur eine grobe Richtlinie dafür, wie weit und in welche Richtung die Luft aus den jeweiligen Instrumenten entweicht. Neben dem in diesem Bericht dargestellten Bildmaterial sei auf einen Zusammenschnitt der Videoaufnahmen vor dem Schlierenspiegel unter <https://vimeo.com/445131873> verwiesen. Schnittmuster und Größenangaben für die unten dargestellten Filter sind unter [https://github.com/bauhausformandfunctionlab/covid19/tree/master/Covid-19 Filters for Brass Instruments](https://github.com/bauhausformandfunctionlab/covid19/tree/master/Covid-19%20Filters%20for%20Brass%20Instruments) zu finden.

Die Beseitigung von anfallendem Kondenswasser wird im Folgenden nicht berücksichtigt. Hier sei auf weitere Studien bzw. Einschätzungen von Willich et al. (2020), Spahn und Richter (2020) und Kähler und Hain (2020) verwiesen. Aufgrund des anfallenden Kondenswassers und der möglichen Virenlast in den Filtern sollten diese regelmäßig ausgetauscht werden.

Weiterhin sollten die allgemeinen Hygienevorschriften (Desinfektion, häufiges Lüften etc.) in jedem Fall eingehalten werden, um sowohl im als auch außerhalb des Probenraumes mögliche Infektionsrisiken zu minimieren.

Schlierenverfahren



Abbildung 1 Versuchsaufbau des Schlierensystems an der Professur Bauphysik der Bauhaus-Universität Weimar

Das Schlierenverfahren ermöglicht als optische, nicht-invasive Technik die Visualisierung von Dichteunterschieden in transparenten Medien (bspw. Luft). Diese Dichtegradienten beruhen auf Unterschieden in Temperatur oder Druck und verursachen Unterschiede im Brechungsindex, sodass das Licht, welches das Messfeld passiert, entsprechend dem Gradienten abgelenkt wird. Der Versuchsaufbau, bestehend aus einem konkaven Spiegel in astronomischer Qualität mit 1 m Durchmesser, einer Kamera, die das Messfeld erfasst, sowie einer Lichtquelle (LED), sind in Abbildung 1 dargestellt. Um die Dichteunterschiede visualisieren zu können, wird das von der Lichtquelle ausgesendete Licht am Spiegel reflektiert, fällt durch den Brechungsindexgradienten und wird von der Kamera erfasst. Detaillierte Informationen über die Funktionsweise des Schlierenverfahrens sind in Gena et al. (2020) zu finden.

Die Atemluft, die aus den Instrumenten entweicht, weist eine höhere Temperatur bzw. Luftfeuchtigkeit als die umgebende Raumluft auf. Dies trifft umso mehr nach längerem Spielen zu, da sich die Instrumente aufwärmen. Dies ermöglicht, die entweichende Luft mit dem Schlierenverfahren zu visualisieren. Dennoch zeigte sich bei einigen Instrumenten, dass durch die Weite der Mensur und die Länge des Instruments die Atemluft bereits soweit abgekühlt war, dass sie mit Hilfe des Schlierenverfahrens nicht abgebildet werden konnte (bspw. F-Tuba). Dennoch kann auch hier der Einsatz von Filtern, die vor den Schallbecher des Instruments gespannt werden, sinnvoll sein.

Die Schlieren, die in den Abbildungen über Körperteilen wie den Händen, dem Kopf oder am Torso zu sehen sind, sind auf die menschliche Wärmeabgabe zurückzuführen und in der Betrachtung zur Verbreitung der möglicherweise infektiösen Atemluft zu vernachlässigen. Die Luft, die aus den Instrumenten entweicht, ist durch geringere Volumenströme und Dichtegradienten definiert und demnach mitunter nur bei genauerem Hinschauen auf den Aufnahmen zu erkennen.

Filter

Die für die Versuche verwendeten Filter bestehen aus herkömmlichem Zellstoff, siehe Abbildung 2. Dieser wurde in wabenartige Form geschnitten und mit Hilfe von Klebeband vor dem Schallbecher des jeweiligen Blechblasinstrumentes locker befestigt bzw. im Fall der Querflöte über ein Drahtgestell gespannt und am Kopfstück montiert, siehe Abbildung 2 und 3. Die Querflöte wird für die folgenden Untersuchungen herangezogen, um die Reichweite der Luft, die über das Mundstück geblasen wird, zu reduzieren.

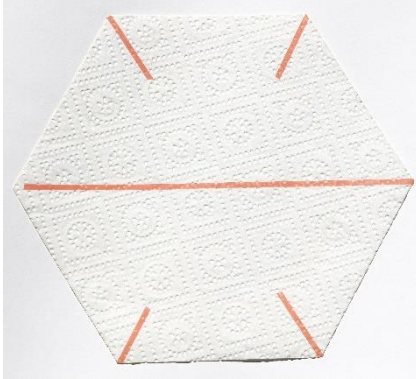


Abbildung 2 Wabenförmiger Filter mit Klebestreifen zur Fixierung am Schallbecher



Abbildung 3 Trompete mit vorgespanntem Filter (links) und segelförmiger Filter am Kopfstück der Querflöte (rechts)

Der Klang der Blechblasinstrumente ist durch den Einsatz der Filter nach Aussage der Musiker nahezu unbeeinflusst. Beim Klang der Querflöte war kein Unterschied zu vernehmen.

Zur Veranschaulichung der Ausbreitung der Atemluft mit und ohne Filter sind in den folgenden Ausführungen zusätzliche Visualisierungen beigefügt, die die maximale Reichweite beim Spielen der Instrumente zeigen.

Querflöte

Beim Spielen der Querflöte ist vornehmlich der große Anteil der Atemluft zu beachten, der über die Anblaskante der Flöte geblasen wird. Weil die Luft leicht nach unten in das Instrument geblasen wird und aufgrund des Coandâ-Effekts, wird die Luft leicht nach unten geführt. Die Untersuchungen zeigen, dass die Atemluft hierbei weit über den Rand des Schlierenspiegels in den Raum gelangt, siehe Abbildung 4 links. Wird ein Filter vor der Anblaskante am Kopfstück der Flöte befestigt, ist zu erkennen, dass der Luftstrom gestoppt wird und nur ein Teil dessen ober- bzw. unterhalb des Filters entweicht, siehe Abbildung 4 rechts. Der Filter muss in entsprechender Größe gewählt werden, um den über das Mundstück geblasenen Luftstrom möglichst vollständig erfassen zu können.

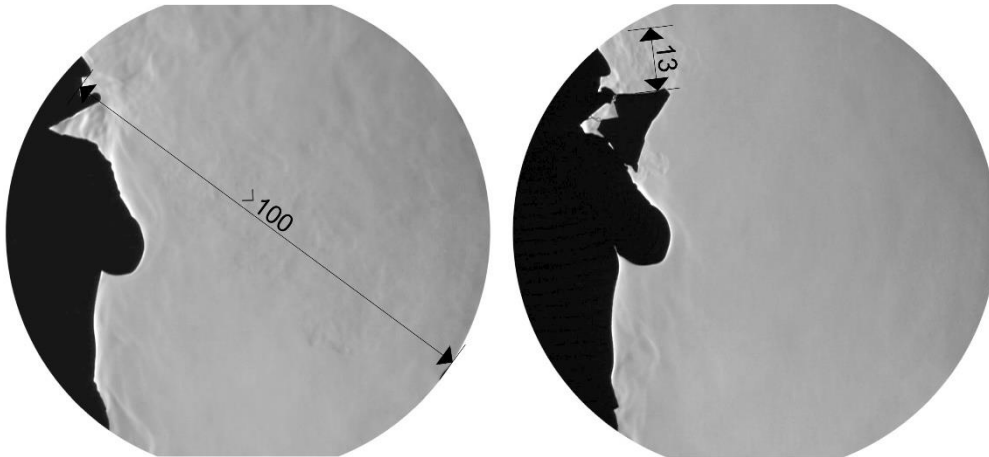


Abbildung 4 Querflöte vor dem Schlierenspiegel: maximale Reichweite der über das Mundstück geblasenen Luft ohne Filter (links) und mit Filter (rechts) [cm]

B-Trompete

Abbildung 5 links zeigt die maximale Reichweite der aus dem Schallbecher austretenden Atemluft. Wird die Trompete mit Filter gespielt, so ist zu erkennen, dass der Luftstrom durch den Filter abgefangen wird. Teilweise tritt die Atemluft jedoch aus den Öffnungen zwischen den Befestigungen am Schallbecher in Richtung des Musikers aus, siehe Abbildung 5 rechts.

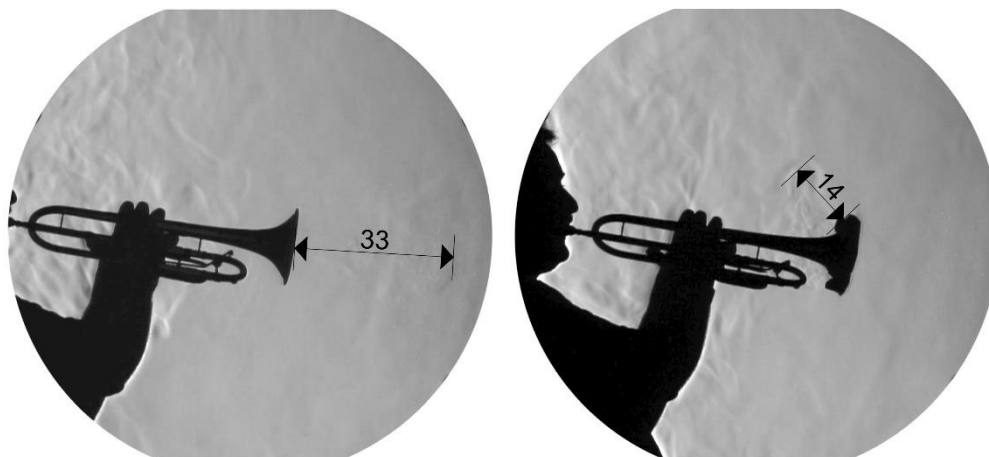


Abbildung 5 B-Trompete vor dem Schlierenspiegel: maximale Reichweite der aus dem Schallbecher strömenden Luft ohne Filter (links) und mit Filter (rechts) [cm]

Tenorposaune

Abbildung 5 links zeigt die maximale Reichweite der aus dem Schallbecher austretenden Atemluft. Es ist zu vermerken, dass die entweichende Luft verwirbelt wird, wenn die Position des Posaunenzugs verändert wird. Wird die Posaune mit Filter gespielt, so ist zu erkennen, dass der Luftstrom durch den Filter abgefangen wird. Teilweise tritt die Atemluft jedoch aus den Öffnungen zwischen den Befestigungen am Schallbecher in Richtung des Musikers aus, siehe Abbildung 6 rechts.

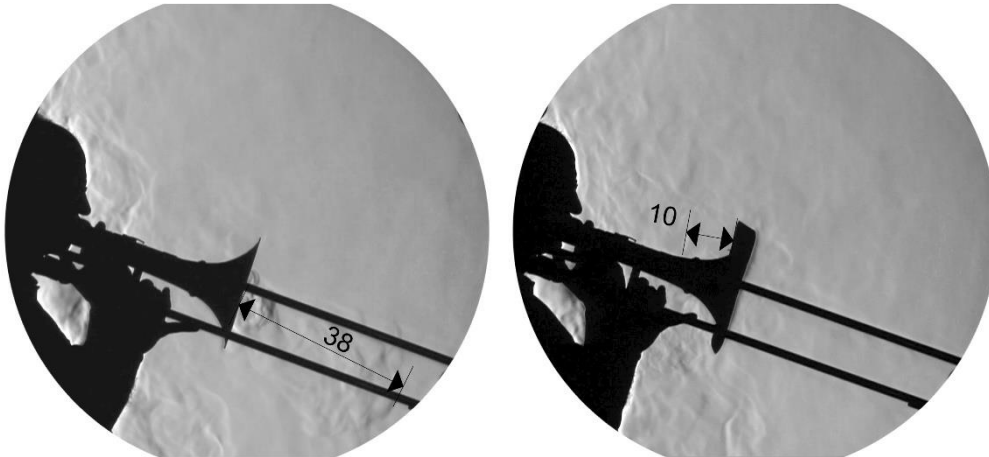


Abbildung 6 Tenorposaune vor dem Schlierenspiegel: maximale Reichweite der aus dem Schallbecher strömenden Luft ohne Filter (links) und mit Filter (rechts) [cm]

Doppelhorn

Abbildung 7 links zeigt die maximale Reichweite der aus dem Schallbecher austretenden Atemluft. Aufgrund der geringen Strömungsgeschwindigkeiten ist weiterhin erkennbar, dass die Atemluft entlang der rechten Hand bzw. dem rechten Unterarm des Hornisten abgelenkt und somit weniger weit in den Raum transportiert wird. Da das Horn üblicherweise mit der rechten Hand im Schallbecher gehalten wird, ist es nicht möglich, wie bei den anderen Blechblasinstrumenten den Filter vor den Schallbecher zu spannen. Der Hornist hält in dem Fall den Filter trichterförmig gerollt in seiner rechten Hand und damit das Instrument. Kommt der Filter zum Einsatz, so wird die Ausbreitung der Atemluft etwas gemindert, siehe Abbildung 7 rechts.

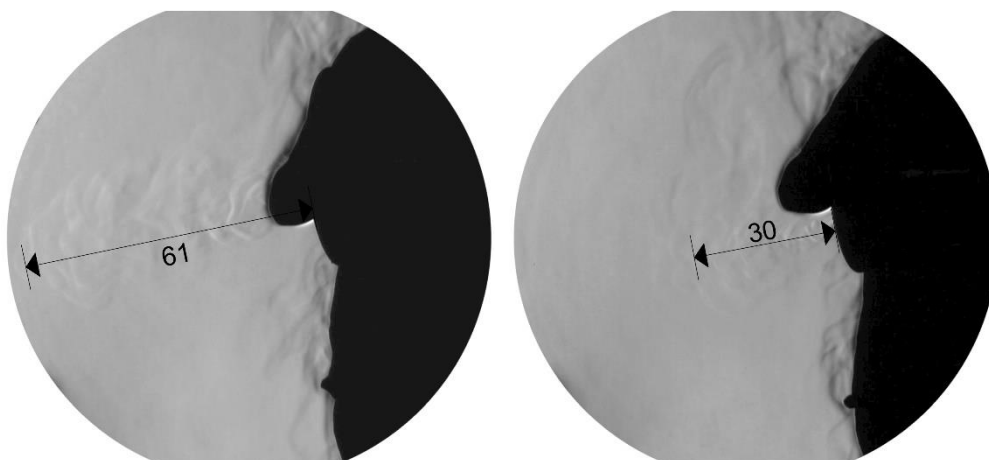


Abbildung 7 Doppelhorn vor dem Schlierenspiegel: maximale Reichweite der aus dem Schallbecher strömenden Luft ohne Filter (links) und mit Filter (rechts) [cm]

Sänger – Bariton

Abbildung 8 links zeigt die maximale Ausbreitung der aus dem Mund des Sängers austretenden Atemluft, die in den Untersuchungen über den Rand des Spiegels entweicht. Weitere Untersuchungen von Becher et al. (2020) zeigen, dass die Atemluft beim Singen maximal 90 cm in den Raum entweicht. Kommen Masken oder Visiere wie der BauhausUniVisor zum Einsatz, so wird der aus dem Mund austretende Luftstrom stark gebremst bzw. umgelenkt, siehe Abbildung 8 mittig und rechts. Anzumerken ist jedoch, dass im Gegensatz zu den Blechblasinstrumenten mit Filter hierbei der Klang eingeschränkt wird. Beim Tragen einer Maske wirkt der Ton leicht gedämpft, beim Tragen des BauhausUniVisors ist der Klang ebenfalls gedämpft und wirkt leicht blechern.



Abbildung 8 Bariton vor dem Schlierenspiegel: maximale Reichweite der aus dem Mund strömenden Luft ohne Mund-Nase-Bedeckung (links), mit herkömmlicher OP-Maske (mittig) und mit Visier (BauhausUniVisor) (rechts) [cm]

Zusammenfassung

Es zeigt sich, dass der Einsatz eines einfachen Filters die Atemluft, die beim Spielen der Instrumente bzw. beim Singen weit in den Raum geführt wird, stark reduzieren kann. Insbesondere beim Querflötenspiel kann die über das Mundstück geblasene Luft drastisch reduziert werden, ohne akustische Einbußen zu verzeichnen. Beim Spielen der Blechblasinstrumente ist nahezu kein Unterschied in der Klangausformung zu hören, sodass diese mindestens während der Probe zum Einsatz kommen können. Ebenso können Masken bzw. Visiere, wie der BauhausUniVisor, oder andere Mund-Nase-Bedeckungen während der Probe zum Einsatz kommen.

Literaturverzeichnis

Becher, L.; Gena, A. W.; Völker, C. (2020): Risikoeinschätzung zur Ausbreitung der Atemluft beim Spielen von Blasinstrumenten und beim Singen während der COVID-19 Pandemie. 1. Update. Unter Mitarbeit von B. Richter und C. Spahn.

Gena, A. W.; Voelker, C.; Settles, G. S. (2020): Qualitative and quantitative schlieren optical measurement of the human thermal plume. In: *Indoor Air*. DOI: 10.1111/ina.12674.

Kähler, C. J.; Hain, R. (2020): Musizieren während der Pandemie – was rät die Wissenschaft? Über Infektionsrisiken beim Chorsingen und Musizieren mit Blasinstrumenten. Universität der Bundeswehr München.

Spahn, C.; Richter, B. (2020): Risikoeinschätzung einer Coronavirus-Infektion im Bereich Musik. Unter Mitarbeit von A. Schuster, H. Hengel und H. Bürkle. Freiburger Institut für Musikermedizin (FIM), Universitätsklinikum und Hochschule für Musik Freiburg.

Willich, S. N.; Berghöfer, A.; Wiese-Posselt, M. K.; Gastmeier, P. (2020): Stellungnahme zum Spielbetrieb der Orchester während der COVID-19 Pandemie. Charité Universitätsmedizin Berlin.