

Untersuchungen zu den Ursachen der Geräusentwicklung eines turbinen-betriebenen Zahnarztbohrers

S. Bergmann¹
 S. van der Meulen¹
 A. Jakob²
 B.A.T. Petersson²

¹ TU Berlin, 10587 Berlin, Deutschland, Email: soeren.bergmann@gmail.com, simvdm@gmail.com

² TU Berlin, Institut für Strömungsmechanik und Techn. Akustik, 10587 Berlin, Deutschland, Email: Andre.Jakob@tu-berlin.de, b.a.t.petersson@tu-berlin.de

Einleitung

Der hochfrequente Lärm von turbinen-getriebenen Zahnarztbohrern stellt für den Zahnarzt und das Praxispersonal eine gesundheitliche Belastung dar. Bei langjähriger Lärmbelastung sind bei Zahnarztpersonal vielfach permanente Hörschädigungen im betreffenden Frequenzbereich beobachtet worden [1] [2]. Weiterhin beeinträchtigt das Geräusch während der Arbeit die Konzentration des Arztes und des Personals. Damit steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Fehler bei der Behandlung gemacht werden. Aus diesen Gründen ist die Schallabstrahlung ein wichtiger Parameter bei der Entwicklung eines ergonomischen Zahnarztbohrers. In diesem Projekt wird die Ursache des hochfrequenten Geräusches sowie das Schallabstrahlverhalten bei einem weit verbreiteten, turbinengetriebenen Zahnarztbohrer untersucht.

Funktionsweise des Bohrers

Bei turbinengetriebenen Zahnarztbohrern wird das Drehmoment des Bohrers mittels einer Pelton-Turbine erzeugt, die sich im Bohrerkopf befindet und mit Druckluft angetrieben wird. Eine Schnittzeichnung des untersuchten Bohrers ist in Abb.1 dargestellt.

Zusammen mit der Reinigungsluft und dem Reinigungswasser wird die Druckluft dem Bohrer über einen Connector zugeführt. Sie hat einen Druck von 2,7 bar und erreicht die Turbine über eine Leitung im inneren des Gehäuses. Nachdem die Antriebsluft durch die Turbine geführt wird gelangt sie im nun entspannten Zustand durch das hohle Gehäuse wieder zu dem Connector. Dort gelangt sie über einen Schlauch zu einem Auslassventil. Um die Beleuchtung an der Bohrstelle zu gewährleisten, wird zudem noch Licht über ein Glasfaserkabel von dem Connector zu einer Linse an der Vorderseite des Bohrers geführt.

Schalldruckpegel

Das Schalldruckspektrum wird bei Leerlaufbetrieb aus einem Meter Entfernung gemessen. Das Ergebnis ist in Abb.2 abgebildet. Insgesamt sind vier Amplitudenspitzen zu erkennen: die höchste Amplitude hat mit 58 dB(A) der Peak bei $f_1 = 6,57$ kHz, die Amplitude der Druckspitze bei $f_2 = 13,15$ kHz liegt 5 dB(A) darunter. Da

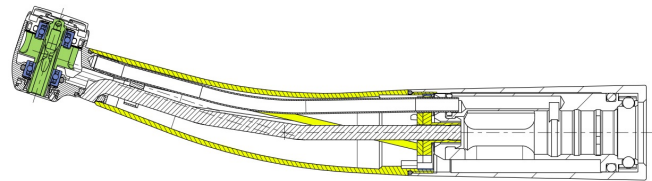


Abbildung 1: Schnittzeichnung des Zahnarztbohrers Sirona T2 Racer [3]

die Frequenz f_2 genau doppelt so hoch ist wie f_1 , kann man davon ausgehen, dass es sich um eine Grundschiwingung mit zugehörigem Oberton handelt. Weiterhin sind zwei Druckspitzen mit niedrigeren Amplituden bei $f_A = 2,18$ kHz und $f_B = 2,65$ kHz zu sehen. Da die Leerlauf-

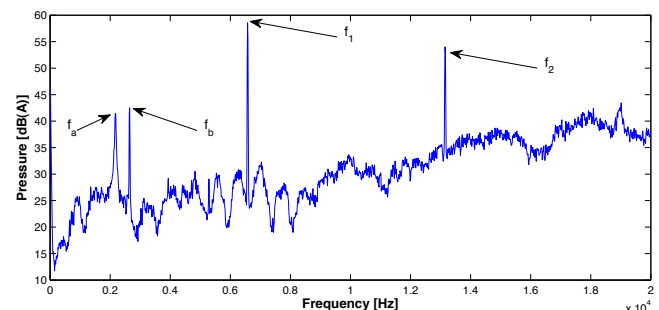


Abbildung 2: Schalldruckspektrum des Zahnarztbohrers im Leerlaufbetrieb. Gemessen aus einem Meter Entfernung.

drehzahl des Bohrers laut Herstellerangaben 6600 Umdrehungen pro Sekunde beträgt, kommt als Ursache des Störgeräusches bei 6,57 kHz sowie bei 13,15 kHz nur die Unwucht der Turbine im Bohrerkopf in Frage.

Im nächsten Schritt wird die Oberflächengeschwindigkeit in radialer Richtung bei Leerlaufbetrieb an 30 Punkten mit einem Laservibrometer gemessen. Die Frequenzspektren der Oberflächengeschwindigkeit ähneln stark dem Schalldruckspektrum mit dem Unterschied, dass die Spitzen f_A und f_B nicht vorhanden sind. Die Messungen zeigen, dass am Kopf wie erwartet die höchsten Schwingungsamplituden vorhanden sind. Überraschenderweise sind die Vibrationen aber an einem zweiten Punkt, wo der Handgriff in die Verbindung zwischen Griff und Kopf übergeht, in etwa genauso stark. Dies ist unerwartet, da dort keine Vibrationsquelle vor-

handen ist.

Die Aufnahmen, die bei Leerlauf mit einer Akustischen Kamera gemacht werden, bestätigen die Messung der Oberflächenvibration. In Abb.3 ist die örtliche Verteilung des Schalldruckpegels im Frequenzbereich von 0 bis 12 kHz gemessen aus einem Meter Entfernung dargestellt. Rot sind die Punkte mit dem höchsten Schalldruck markiert, blau die mit dem geringsten. Deutlich sind die Geräuschquellen am Bohrerkopf und an dem Gehäuseknick zu sehen. Weiterhin erscheint der Luftauslass für die Antriebsluft als eine Geräuschquelle mit einem nicht unerheblichen Geräuschpegel links unten im Bild. Eine nähere Analyse der Aufnahmen zeigt, dass wie

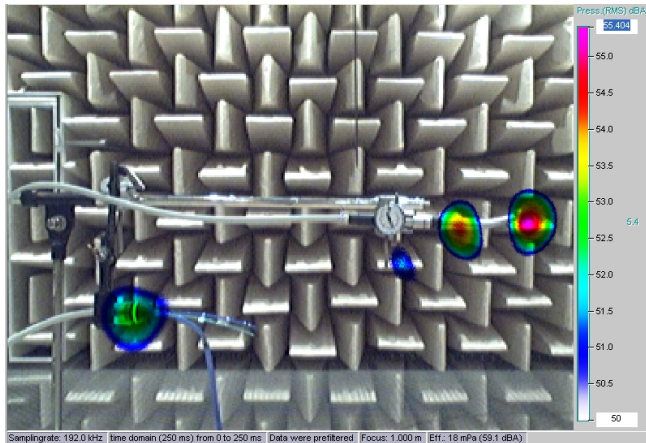


Abbildung 3: Akustisches Bild von dem Zahnarztbohrer im Leerlaufbetrieb. Auffallend ist die zweite Geräuschquelle am Handgriff.

erwartet die Druckspitzen bei $f_1 = 6,57$ kHz und bei $f_2 = 13,15$ kHz von den Quellen am Bohrerkopf und -körper abgestrahlt werden. Der Luftauslass links unten im Bild strahlt in einem breiten Frequenzbereich gleichmäßig ab, jedoch mit erhöhten Pegeln bei $f_A = 2,18$ kHz und $f_B = 2,65$ kHz. Somit können alle Geräuschquellen lokalisiert werden.

Die Frage, wieso der Schall auch an dem Punkt in der Gehäusemitte abgestrahlt wird, erklärt sich bei genauerer Betrachtung der Konstruktion des Bohrers. Um das Zwischengehäuse zwischen Bohrerkopf und Handgriff zu verspannen, sind zwei Schrauben verbaut, die von dem Kopf zu einer Platte am Handgriff verlaufen. Diese stehen unter Zug, so dass der Kopf, die Grundplatte und das dazwischengelegene Mittelgehäuse fest verspannt werden. Die Geräuschquelle in der Bohrermitte befindet sich genau an der Stelle, an der die Schrauben enden. Daher kann man davon ausgehen, dass die Schrauben die Vibration vom Kopf mittels Biegeschwingung zum Handgriff leiten.

Richtcharakteristik

Abschließend werden die Richtcharakteristiken sowohl mit einer Genauigkeit von 5° in den drei Hauptebenen als auch mit einer geringeren Genauigkeit in der gesamten unteren Halbsphäre gemessen. Bei allen Messungen befindet sich der Bohrerkopf im Mittelpunkt. Die Richtcharakteristiken in den Hauptebenen zeigen keine eindeutig zu identifizierenden Muster, da die zwei-

te Geräuschquelle außerhalb des Mittelpunktes liegt und die Geräusche der Reinigungsluft die Messungen zu sehr stören. Die dreidimensionale Messung der Richtcharakteristik (Abb.4) zeigt, dass die höchsten Schallpegel bei $f_1 = 6,57$ kHz in Richtung des Zahnarztes abgestrahlt werden. Der Pegel ist ca. 20 dB(A) höher als gegenüberliegenden Seite des Bohrers.

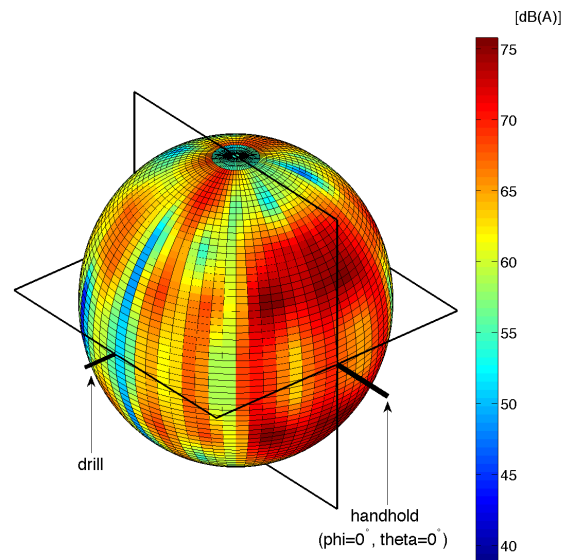


Abbildung 4: Geräuschverteilung in Richtung des Zahnarztes

Fazit

Als wichtigste Geräuschquelle kann die Unwucht der Turbine lokalisiert werden. Weiterhin strahlt das Auslassventil neben Schall in einem breiten Frequenzband auch Schall in zwei diskreten Frequenzen ab.

Neben der Geräuschquelle am Kopf des Bohrers, wo sich die Turbine befindet, gibt es eine zweite Abstrahlquelle am mittleren Teil des Gehäuses. Die Vibration wird von dem Kopf über zwei Schrauben zu dieser Stelle geleitet. Für die Reduzierung von Geräuschen kann es interessant sein, diesen Übertragungsweg zu unterbrechen.

Die Richtcharakteristik zeigt, dass in Richtung des Benutzers die höchsten Amplituden auftreten.

Literatur

- [1] Howard H. Zubick, Anthony T. Tolentino, Joseph Boffa: Hearing Loss and the High Speed Dental Handpiece. American Journal of Public Health 70, 6 (1980), 633-635
- [2] W. Taylor, J. Pearson, A. Mair: The Hearing Threshold Levels of Dental Practitioners Exposed to Air Turbine Drill Noise. British Dental Journal 118 (1965), 206-210
- [3] Goisser, Siegfried: Sectional Drawing of Sirona T2 Racer. Intern, 2009