

Lärmbelastung und Sprachverständlichkeit im Operationssaal

Hannes Seidler^{1 2}

¹ TU Dresden, Medizinische Fakultät, Poliklinik für HNO, E-Mail: hannes.seidler@tu-dresden.de

² Hör- & Umweltakustik Dresden, E-Mail: seidler@hoer-umweltakustik.de

Ziele

Das Personal in Operationsräumen ist täglich einer Vielzahl von äußeren Faktoren ausgesetzt: Zeitdruck, Verantwortung, Entscheidungserfordernisse, Befinden des Patienten, steriles Arbeiten, telefonische Anfragen, Sprachverstehen im Raum und Geräusche der Geräte und Monitore. Für diese geistig anspruchsvolle Tätigkeit sind daher die akustischen Arbeitsbedingungen oft ungünstig.

Der für 2019 geplante Umzug in neue Operationsräume war der Anlass dieser Untersuchung. Sowohl für die medizinischen als auch die technischen Mitarbeiter besteht Interesse an einer Feststellung des Ist-Zustandes, aus dem die Anforderungen an die neuen Bedingungen zu formulieren und erleichternde Maßnahmen umzusetzen sind.

Vorgaben für den Operationssaal

Beim Betrieb eines Operationssaales sind viele Nutz- und Störschallquellen aktiv. Während die Gefahr einer bleibenden Lärmschädigung selbstverständlich abgewendet werden muss, ist das Sprachverstehen bei verdecktem Lippenbild eine besondere Herausforderung. Jedes Wort entscheidet dabei möglicherweise über Erfolg oder Misserfolg des medizinischen Eingriffs, unter Umständen sogar über Leben und Tod.

Die Technischen Regeln für Arbeitsstätten [1] ordnen Operationen als Tätigkeitskategorie I ein (hohe Konzentration oder hohe Sprachverständlichkeit):

- Beurteilungspegel $L_r \leq 55$ dB
- mittlerer Schallabsorptionsgrad $\alpha \geq 0,3$
- das Tragen persönlicher akustischer Schutzausrüstungen ist nicht möglich.

Die VDI 2058-3 (2014) [2] ergänzt:

- Hintergrundgeräuschpegel $L_{Ah} \leq 40$ dB.

Die DIN 18041 (2016) [3] formuliert die Vorgabe für Räume der Nutzungsart B3 entsprechend der Raumhöhe:

- Verhältnis der äquivalenten Schallabsorptionsfläche zum Volumen $A/V \geq 0,18$
- Zudem wird ein ausgezeichnetes Sprachverstehen erwartet von $STI \geq 0,75$ [4].

Situation und Messanordnung

Als Vergleichsraum wurde ein Operationssaal der Hals-Nasen-Ohren-Klinik des Universitätsklinikums der TU Dresden verwendet. Der Raum liegt in einem Gebäude von



Abbildung 1: Ansicht des Operationssaales

1910 und wurde 2000 saniert. Die Fläche beträgt 25 m² bei 86 m³ Raumvolumen. Im Operationssaal finden hauptsächlich werktags von 7:30 – 16:00 Uhr jeweils 3 – 4 Operationen täglich statt. Fest verschlossene Isolierglasfenster und Stahltüren schließen den Raum nach außen ab (Abb. 1). Eine Zwangslüftung ist installiert.

Für die Messungen wurde ein Schallpegelmesser Typ XL2 der Fa. NTI (Klasse 1) verwendet. Um möglichst in Ohrnähe von Operateur und OP-Assistenz zu sein, wurde das Mikrofon an der Technikbühne etwa 1 m oberhalb des Patienten angebracht (Abb. 2). Es hat einen Abstand von ca. 0,6 m zu den beiden Hauptakteuren. Die Anforderungen an die Sterilität des Operationsgebietes erlaubten keinen näheren Zugang. Das Messmikrofon erhielt einen Windschirm als Feuchtschutz und zur Minderung von Strömungsgeräuschen am Mikrofontgitter.



Mikrofonlage

Abbildung 2: Anordnung des Messmikrofons relativ zum medizinischen Personal

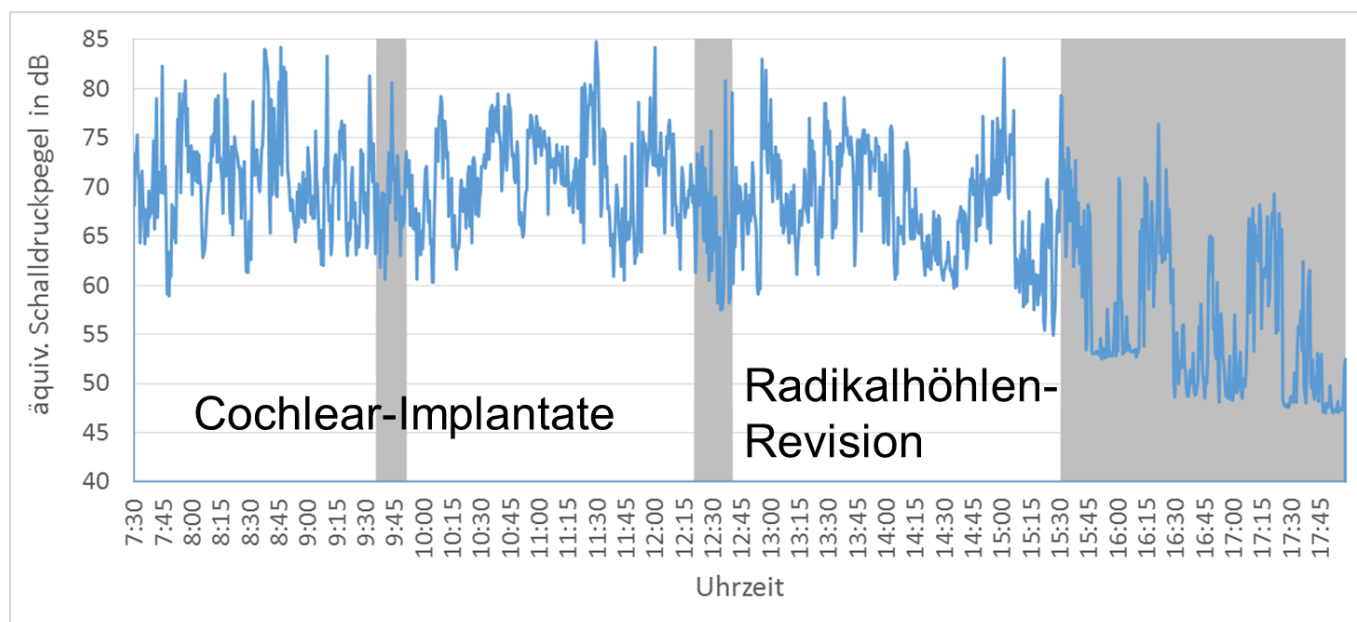


Abbildung 3: zeitlicher Verlauf des Schalldruckpegels während eines Operationstages im Saal

Insgesamt wurden 72 Stunden über 8 Tage mit 23 Operationen im Raum aufgezeichnet und ausgewertet. Ein Pegelschrieb alle 30 s erfasste selbständig die wesentlichen Parameter der akustischen Situation wie:

- A-bewerteter äquivalenter Dauerschalldruckpegel L_{Aeq} ,
- C-bewerteter äquivalenter Dauerschalldruckpegel L_{Ceq} ,
- Maximalpegel $L_{AF,max}$,
- Taktmaximalpegel L_{AFT5} ,
- Überschreitungspegel L_1 und L_{95} ,
- sowie das 30-s-Terzspektrum.

Messergebnisse

Den Schallpegelverlauf an einem typischen Tag im HNO-Operationssaal zeigt Abb. 3. Zunächst sind zwei Cochlear (Innenohr)-Implantat-Operationen erfasst. Sie unterscheiden sich zwar im Zeitverlauf deutlich, jedoch sind Pegelbereich und Pegelspitzen in der gleichen Größenordnung.

Einen erheblichen Anteil an den hohen Pegeln haben die Bohrarbeiten am Schädelknochen. Vor allem die Drehzahl, der Bohrertyp und die Andruckkraft haben einen Einfluss auf die Geräuschenstehung [5]. Dieser Lärm belastet nicht nur das Personal sondern auch den Patienten. Bis zu 125 dB können im Innenohr bei den Bohrarbeiten entstehen, ein Pegel, bei dem die Gefahr der Hörschädigung offensichtlich ist.

Weitere Geräuschquellen mit hoher Intensität sind:

- Saugergeräusche,
- Lüftergeräusche am Laserskalpell,
- Öffnen steriler Verpackungen,
- Werkzeugabwurf in Edelstahlbehälter.

Demgegenüber sind die zumeist regelmäßigen Signale der Narkoseeinrichtung und des Facialismonitoring (Funktionstest des Gesichtsnerven) sowie die Vielzahl an Lüftern für die Geräte Kühlung fast untergeordnet.

Je nach Einsatzhäufigkeit verschiedener Geräte und Operationsmethoden gibt es deutliche Unterschiede bei den Operationen. Tab. 1 gibt Auskunft über wichtige Messgrößen:

Tabelle 1: Schallpegel in Abhängigkeit von der Operation

Operation	L_{Aeq} in dB	L_{AFmax} in dB
Tympanoplastik ¹	68,3	94,2
Cochlear-Implantation ²	72,8	104,4
Mastoidektomie ³	76,4	104,2
Mittelwert 23 Operationen	72,9	105,2

¹ Wiederherstellung von Trommelfell und Gehörknöchelchenkette

² Einsetzen eines elektrisch stimulierenden Hörimplantats

³ Entfernen des (entzündeten) knöchernen Teiles hinter dem Ohr

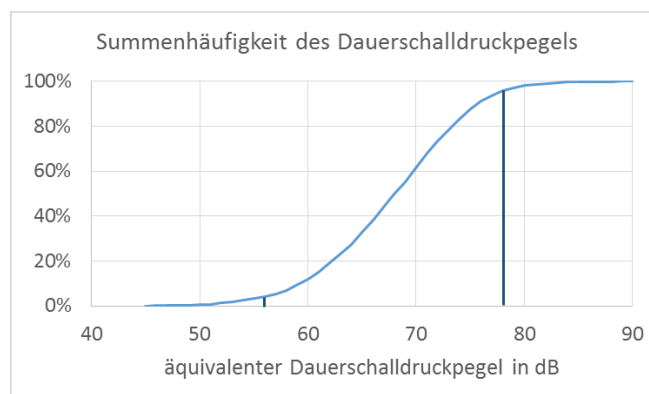


Abbildung 4: Verteilung der gemessenen Schalldruckpegel von 23 Operationen in der HNO

Die Grundgeräuschpegel im Raum und während einer Operation wurden von den 95%-Perzentilpegeln im jeweiligen Zeitabschnitt abgeleitet:

$$L_F = 49,3 \text{ dB}$$

$$L_{A,95} = 57,3 \text{ dB}$$

Hinsichtlich der Schallpegelverteilung konnten keine Auffälligkeiten festgestellt werden. Wie Abb. 4 zeigt, liegen 90% aller Schallereignisse im Pegelbereich von 57 dB bis 78 dB.

Zusätzlich zur Messung der Schalldruckpegel wurde eine Bestimmung der Nachhallzeit nach dem Abschaltverfahren vorgenommen. Die Werte wurden zeitlich und örtlich über 8 Mikrofonpositionen und 3 Lautsprecherstandorte gemittelt. Die mittlere Nachhallzeit beträgt 1,1 s. Damit ist der mittlere Absorptionsgrad $\alpha = 0,07$ und das Verhältnis der äquivalenten Schallabsorptionsfläche zum Volumen $A/V = 0,09$. Den Frequenzverlauf der Nachhallzeit gibt Abb. 5 wieder.

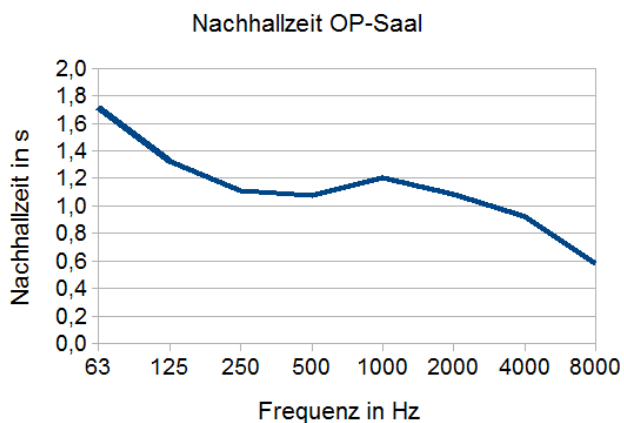


Abbildung 5: frequenzabhängige Nachhallzeit im Operationssaal

Ergebnisse der Messungen

Die Messergebnisse repräsentieren eine typische Auswahl von Operationen im Fachgebiet der Hals-Nasen-Ohren einer Universitätsklinik. Unabhängig von den nicht optimalen räumlichen Bedingungen (Altbau, letzte Sanierung 2000) ist eine deutlich zu große Geräuschbelastung des Personals erkennbar.

Für den Vergleich mit dem Beurteilungspegel der Technischen Regeln für Arbeitsstätten [1] ist der gemessene äquivalente Dauerschalldruckpegel mit den Zuschlägen für Impuls- (K_I) sowie Ton- und Informationshaltigkeit (K_T) gemäß Gleichung (1) zu versehen:

$$L_r = L_{Aeq} + K_I + K_T \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

Da die Kontrollsignale der Vitalfunktionen impuls- und informationshaltig sind aber vor allem die Sprachverständlichkeit beeinflussen, muss deren erhöhter Störwirkung Rechnung getragen werden. Es wird sehr moderat nur die Impulshaltigkeit mit $K_I = 3 \text{ dB}$ angerechnet.

Der resultierende Beurteilungspegel einer jeden Operation liegt mit den $L_r = 70,6 \text{ dB} \dots 79,4 \text{ dB}$ erheblich über der

Vorgabe von maximal 55 dB der Arbeitsstätten-Regeln. Auch die Maximalpegel von bis zu 105,2 dB tragen nicht zur Arbeit mit hoher Konzentration bei. Die Hintergrundgeräuschpegel im ungenutzten Raum sind mit 49,3 dB » 40 dB ebenfalls erheblich über den Vorgaben.

Ist wenigstens der Raum ausreichend akustisch ausgestattet? Die fehlenden Schallabsorptionsflächen lassen bereits das Problem erahnen: sowohl der mittlere Schallabsorptionsgrad $\alpha = 0,07 \ll 0,3$ als auch das Verhältnis der äquivalenten Schallabsorptionsfläche zum Volumen $A/V = 0,09 \ll 0,18$ erreichen nicht ansatzweise die Mindestvorgaben. Das ist nur zum Teil den geringeren baulichen Vorgaben vor 20 Jahren zuzuschreiben.

Diskussion

Die Ergebnisse der Messungen sind für Personal wie für Arbeitgeber gleichermaßen wichtig und alarmierend. Eine Auswertung soll zu einem Katalog von organisatorischen, kurzfristigen und baulichen, mittelfristigen Maßnahmen führen, wie z.B.:

- Anpassung der Nachhallzeit im Raum,
- Leisere Zwangslüftung,
- Einsatz lärmarmer Geräte (OP-Laser),
- Training zum lärmmarmen Bohren (Nutzen für Personal und Patient / $\Delta L \approx 20 \text{ dB}$),
- Schalldämmung der Ablagekästen bei Benutzung.

Die Untersuchung zeigt, dass arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse in der Praxis Anerkennung und Umsetzung auf vielen Ebenen erfordern, um zum Wohl der Mitarbeiter zu wirken. Insofern wird von der untersuchten Klinik mit Spannung der Umzug in neue Operationssäle in diesem Jahr erwartet.

Literatur

- [1] Technische Regeln für Arbeitsstätten – Lärm. ASR A3.7, Ausgabe Mai 2018
- [2] VDI 2058-3 Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten. Hrsg.: Verein Deutscher Ingenieure, Berlin: Beuth, 2014
- [3] DIN 18041: Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung. Hrsg.: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin: Beuth, März 2016
- [4] DIN EN 60268-16: Elektroakustische Geräte - Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin: Beuth, Mai 2012
- [5] Neudert, M. et al: Bohrlärm-Messsystem zur Verhinderung von Innenohrschädigungen bei Ohroperationen. 84. Jahresversammlung der Deutschen Gesellschaft für HNO-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie. Nürnberg, 08.-12.05.2013. Düsseldorf: German Medical Science GMS Publishing House; 2013