Die akustische Situation 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*

Einleitung

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.

Durch den 2020 erfolgten Umzug aus den 20 Jahre alten OP-Sälen in einem Gebäude von 1910 in den neu errichteten OP-Komplex ergab sich die Möglichkeit vergleichender Untersuchungen. In [1] wurden die Bedingungen der früheren Räume erfasst. An dieser Stelle sollen die neuen Bedingungen gezeigt und ausgewertet werden.

Vorgaben für den Operationssaal

Bei der Benutzung der Operationssäle wird erwartet, dass

- keine Lärmschädigungen hervorgerufen werden,
- eine sehr hohe Sprachverständlichkeit möglich ist und
- die Bedingungen für geistig anspruchsvolle Tätigkeit (Tätigkeitskategorie I [2]) erfüllt sind.

Die normativen und gesetzlichen Vorgaben haben sich gegenüber der Untersuchung von 2019 nicht deutlich geändert. Die aktualisierte Ausgabe der Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) vom März 2021 enthält für den Einsatzfall keine neuen Aussagen [2]. Sie gibt vor:

- 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) [3] ergänzt:

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

Abbildung 1: OP-Raum mit Patientenliege und Technikampel

Die DIN 18041 (2016) [4] 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 $STI \geq 0{,}75$ [5], wobei Kommunikation unter Muttersprachlern vorausgesetzt wird.

Situation und Messanordnung

Die neuen Operationssäle bieten doppelt so viel Raum als vorher mit einer Fläche von 55 m² und einem Volumen von 200 m³ (Abb. 1). Nach wie vor finden hauptsächlich werktags von 7:30 – 16:00 Uhr jeweils 3 – 4 Operationen täglich statt. Die Reihe der Säle ist beidseitig gefasst von Versorgungsfluren. Alle Wände liegen im Gebäudeinneren.

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 Technikampel etwa 1,4 m oberhalb des Patienten angebracht (Abb. 2). Die Anforderungen an die Sterilität des Operationsgebietes erlaubten keine nähere Lage. Das Messmikrofon wurde körperschallisoliert montiert.

Abbildung 2: Anordnung des Messmikrofons auf der Technikampel

Insgesamt wurden 69 Stunden über 7 Tage mit 20 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.

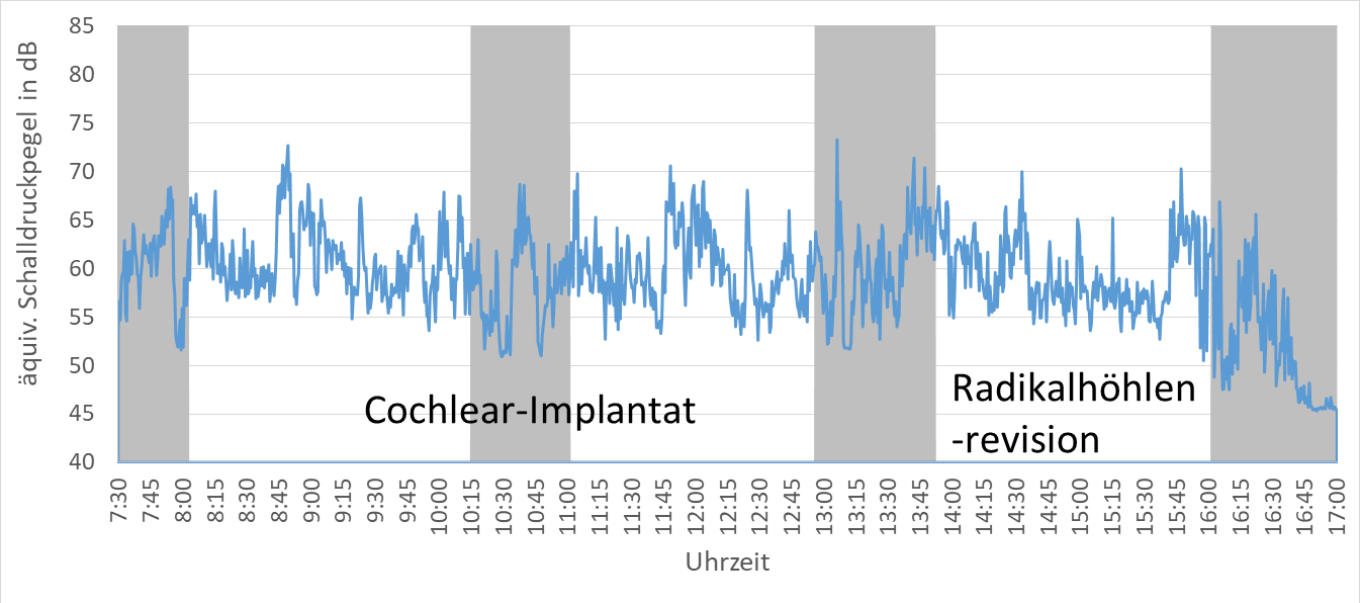

Abbildung 3: Zeitverlauf des Schalldruckpegels während eine Operationstages im Saal

Messergebnisse

Den Schallpegelverlauf an einem typischen Tag im HNO-Operationssaal zeigt Abb. 3. Vergleichbar zu [1] sind zwei Cochlear (Innenohr)-Implantat-Operationen erfasst. Ähnlichkeiten im Zeitverlauf untereinander sind zu erkennen und auch Pegelbereich und Pegelspitzen sind in der gleichen Größenordnung. Vor allem die Bohrarbeiten 45 min nach OP-Beginn bestimmen für rund 20 min die akustische Belastung.

Weitere Geräuschquellen mit hoher Intensität sind:

- Saugergeräusche,
- Öffnen steriler Verpackungen,
- Werkzeugabwurf in Edelstahlbehälter.

Die regelmäßigen Signale der Monitore (Narkose, Facialis = Gesichtsnerv u.ä.) sowie die Lüfter der Gerätekühlung bestimmen hauptsächlich den Grundgeräuschpegel von 51 dB, der vom 95%-Perzentilpegel abgeleitet wurde.

Die früheren auffälligen Unterschiede von 8 dB zwischen den Operationen scheinen in den neuen Räumen mit 3 dB deutlich geringer auszufallen. Tab. 1 gibt Auskunft über wichtige Messgrößen:

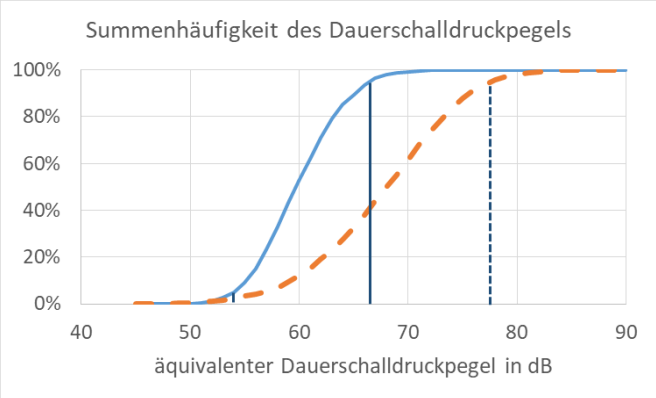

Abbildung 4: Verteilung der gemessenen Schalldruckpegel von 20 Operationen in der HNO (neuer OP / alter OP)

Tabelle 1: Schallpegel in Abhängigkeit von der Operation in alten und neuen Operationssälen

Operation	L_{Aeq} *in dB*	L_{AFmax} *in dB*
Tympanoplastik [1]	68,3 / 59,7	94,2 / 97,0
Cochlear-Implantation [2]	72,8 / 62,8	104,4 / 88,8
Mastoidektomie [3]	76,4 / 61,1	104,2 / 90,8
Mittelwert Operationen	72,9 / 62,0	105,2 / 102,3

[1] Wiederherstellung von Trommelfell und Gehörknöchelchenkette
[2] Einsetzen eines elektrisch stimulierenden Hörimplantats
[3] Entfernen des (entzündeten) knöchernen Teiles hinter dem Ohr

Markant ist die Schalldruckpegelminderung von etwa 10 dB beim Wechsel der Operationssäle. Dieser Trend spiegelt sich wieder in der Schallpegelverteilung. Wie Abb. 4 zeigt, liegen 90% aller Schallereignisse im Pegelbereich von 57 dB bis 78 dB (alter OP) bzw. von 53 dB bis 67 dB (neue OP).

Neben der Verwendung neuer und damit auch leiserer Geräte (wie z.B. das Laserskalpell) sind deutliche Unterschiede der raumakustischen Eigenschaften zu beobachten. Dazu wurde eine Nachhallzeitmessung nach dem Abschaltverfahren vorgenommen. Die Werte wurden zeitlich und örtlich über 8 Mikrofonpositionen und 3 Lautsprecherstandorte gemittelt. Die mittlere Nachhallzeit beträgt 0,9 s bei 200 m³ Raumvolumen. Damit ist der mittlere Absorptionsgrad α = 0,17 und das Verhältnis der äquivalenten Schallabsorptionsfläche zum Volumen A/V = 0,19. Den Frequenzverlauf der Nachhallzeit gibt Abb. 5 wieder.

Ergänzt werden die Kenndaten durch eine Bestimmung des Sprachverständlichkeitsindexes STI = 0,57. Leider waren die Messungen nur außerhalb der Operationszeiten möglich. Damit sind mehr die raumakustischen Verhältnisse als der Einfluss des Störlärms erfasst und beschrieben.

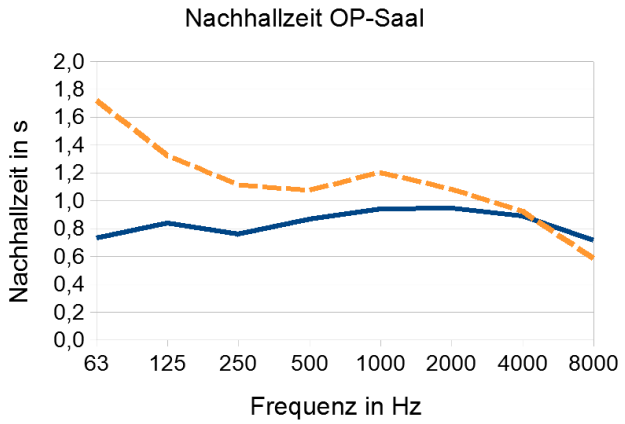

Abbildung 5: frequenzabhängige Nachhallzeit im alten und neuen Operationssaal

Auswertung der Messungen

Die Messergebnisse repräsentieren eine typische Auswahl von 20 Operationen im Fachgebiet der Hals-Nasen-Ohren einer Universitätsklinik.

Für den Vergleich mit dem Beurteilungspegel der Technischen Regeln für Arbeitsstätten [2] ist der gemessene äquivalente Dauerschalldruckpegel mit den Zuschlägen für Impuls- (K_I) sowie Ton- und Informationshaltigkeit (K_T) gemäß Gleichung (1) zu versehen:

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

Die Messungen zeigen, dass die Differenz zwischen impuls- und fast-bewertetem äquivalentem Dauerschalldruckpegel ($L_{AIeq} - L_{AFeq}$) zwischen 0,2 dB und 2 dB lagen. Daher kann der Impulszuschlag $K_I = 0$ gesetzt werden. Die Kontrollsignale der Vitalfunktionen sind zwar störend für die Sprachkommunikation, aber erforderlich für die akustische Information der Beschäftigten [2]. Eine Anrechnung erfolgt deshalb mit $K_T = 0$ nicht.

Der resultierende Beurteilungspegel einer jeden Operation liegt mit den L_r = 59,7 dB … 64,2 dB deutlich über der Vorgabe von maximal 55 dB der Arbeitsstätten-Regeln. Auch die Maximalpegel von bis zu 102,3 dB tragen nicht zur Arbeit mit hoher Konzentration bei. Der Hintergrundgeräuschpegel im ungenutzten Raum ist mit 48,3 dB » 40 dB ebenfalls über den Vorgaben. Der STI als Maß für die Sprachverständlichkeit (hier nur in der OP-Pause) liegt mit 0,59 im Bereich „mittel bis gut“, für Nichtmuttersprachler Kategorie I oder Beschäftigte über 50 Jahren liegt er nur noch bei „schwach bis mittel“ [5].

Die raumakustischen Bedingungen sind zwar besser aber bei weitem nicht optimal. Die fehlenden Schallabsorptionsflächen lassen bereits das Problem erahnen: der mittlere Schallabsorptionsgrad $\alpha = 0{,}17 \ll 0{,}3$ ist deutlich zu gering und nur das Verhältnis der äquivalenten Schallabsorptionsfläche zum Volumen A/V = 0,19 ~ 0,18 erreicht die Mindestvorgaben.

Gegenüber den früheren Räumen finden die Operationen in den neuen Sälen dennoch unter besseren Bedingungen statt:

- ✓ das Grundgeräusch ist mit 51 dB etwa 6 dB geringer,
- ✓ der Geräuschpegel während der OP ist 9 dB geringer, der Beurteilungspegel ist 12 dB geringer,
- ✓ trotz größerem Operationssaal ist die Nachhallzeit auf 0,9 s gesunken,
- ✓ neue Geräte haben (jetzt noch) geringere Betriebsgeräusche.

Unabhängig von den nicht optimalen räumlichen Bedingungen (Altbau, letzte Sanierung 2000) ist eine deutlich zu große Geräuschbelastung des Personals erkennbar.

Diskussion

Die Ergebnisse der Messungen sind für Personal wie für Arbeitgeber gleichermaßen wichtig und bemerkenswert. Trotz neu gebauter Operationssäle (Fertigstellung 2020) werden die Vorgaben an Arbeitsstätten dieser Kategorie nicht eingehalten. Das ist wohl dem Fokus bei der Planung auf Krankenhausrichtlinien geschuldet aber inakzeptabel. Mit Lärmschädigungen ist glücklicherweise nicht zu rechnen. Grundsätzlich sind Maßnahmen notwendig, wie z.B.:

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

Die Untersuchung zeigt, dass arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse in der Praxis Anerkennung und Umsetzung auf vielen Ebenen erfordern. Die Erwartungen an die neuen Operationssäle wurden in akustischer Hinsicht nur teilweise erfüllt.

Literatur

[1] Seidler, H.: Lärmbelastung und Sprachverständlichkeit im Operationssaal. In: Fortschritte der Akustik. DAGA 2019

[2] Technische Regeln für Arbeitsstätten – Lärm. ASR A3.7, Ausgabe März 2021

[3] VDI 2058-3 Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten. Hrsg.: Verein Deutscher Ingenieure, Berlin: Beuth, 2014

[4] DIN 18041: Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung. Hrsg.: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin: Beuth, März 2016

[5] DIN EN 60268-16: Elektroakustische Geräte - Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin: Beuth, Oktober 2021