

## Akustische Belastungen und Beanspruchungen in Operationssälen

Silvester Siegmann<sup>1</sup>, Gert Notbohm<sup>2</sup>, Klaus Schöne<sup>3</sup>, Holger Sauer<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup> *Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf*

<sup>3</sup> *Institut für Lehrergesundheit der Johannes Gutenberg-Universität Mainz*

<sup>4</sup> *Klinik am Park Lünen der Klinikum Westfalen GmbH*

E-Mail: <sup>1</sup> [siegmann@uni-duesseldorf.de](mailto:siegmann@uni-duesseldorf.de); <sup>2</sup> [notbohm@uni-duesseldorf.de](mailto:notbohm@uni-duesseldorf.de)

### Ausgangslage

In der internationalen Literatur spielt das Problem zu hoher Lärmbelastung für Patienten und Personal in Krankenhäusern eine große Rolle (z.B. [1-5]). Aus Deutschland liegen sehr wenige Studien zu diesem Thema vor.

Ziel unserer Studie ist die Erfassung und Bewertung der akustischen Situation in einem typischen deutschen Krankenhaus mit dem Ziel, gegebenenfalls Problemstellen aufzuzeigen und daraus Interventionsbedarf abzuleiten. In dem Beitrag sollen die ersten Ergebnisse der Messungen und Befragungen in den Operationssälen (OP) vorgestellt werden.

### Methode

In den Operationssälen der Klinik am Park Lünen des Klinikums Westfalen – einem Zusammenschluss von vier Häusern in der Region Dortmund - wurden im Sommer 2015 über drei Wochen durchgängige Messungen über mindestens 4 x 24 Stunden pro Woche in zwei baugleichen OP's (OP 1 und OP 2) und einem HNO-OP (OP 3) sowie im Gang zwischen OP1/OP2 und der Patientenschleuse durchgeführt (Messgeräte von Brüel & Kjær Mediator 2238; Kalibrator: Brüel & Kjær 4231). Die sich häufig öffnenden schweren OP-Türen und die Tür zur Patientenschleuse waren hier neben dem Personal die Hautgeräuschquellen. Der OP 3 unterscheidet sich von den beiden ersten OP-Sälen und liegt am Ende des Ganges, abgetrennt durch eine Rauchabschlusstür direkt neben der Umkleide. Zum einen ist er kleiner als die beiden erstgenannten (auch die Raumhöhe ist niedriger), zum anderen ist er anders eingerichtet und es werden hier die HNO-Operationen durchgeführt. Die Messungen wurden in der Regel am Sonntag nachmittags aufgebaut und am Ende der Woche wieder abgebaut. Die Halligkeit als bestimmender raumakustischer Parameter wurde ebenfalls ermittelt.

Die Messungen und Auswertungen der Nachhallzeiten erfolgten in Anlehnung an die ISO 3382-2:2008 Teil 2 „Nachhallzeit in gewöhnlichen Räumen“. In dieser Norm sind das Messverfahren, die Messgeräte (es wurde ein Norsonic Nor140 (letzte Eichung 10/2014) mit Dodekaeder Typ Nor276 verwendet; siehe Abb. 4) und die erforderliche Anzahl der Messpunkte sowie das Verfahren zur Auswertung der Daten festgelegt. Zur Beurteilung und Interpretation der Messwerte wird die DIN 18041:2004 „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen, Standardmessung“ herangezogen. Für die Bestimmung der

Nachhallzeit wurde das Standardverfahren mit abgeschaltetem Rauschen angewendet. Entsprechend der normativen Vorgaben wurden in dem Raum sofern möglich, an sechs verschiedenen Mikrofonpositionen, jeweils zwei Abklingvorgänge gemessen. Aufgrund nicht vermeidbarer Störpegel (hohe Grundsollpegel/Geräusche von außen) erfolgte die Ermittlung der Nachhallzeit nicht über den vollen Abfall um 60 dB, sondern für das Abklingen von -30 dB (T30) und -20 dB (T20) nach Beenden der Schallfeldanregung. Im Anschluss wurden die gemessenen Werte vom Messgerät auf die vollen -60 dB extrapoliert.

Gem. den Daten des Deutschen Wetterdienstes (Messstation Waltrop-Abdinghof) lag im Raum Lünen im Messzeitraum der Luftdruck rel. konstant bei ca. 1014 mBar; die Temperaturen schwankten nachts zwischen rund +4° und +8° und tagsüber zwischen rund +8° und +13°, schwache Winde.

Zeitgleich wurde die Beanspruchung der Mitarbeiter mit standardisierten Fragebögen erfasst. Die Beschäftigten waren aufgefordert, jeweils zum Schichtende einen „Fragebogen zur akustischen Situation auf der Station“ auszufüllen, in dem sie u.a. angeben sollten, wie laut sie die Schicht empfunden und welche lärmbedingten Beeinträchtigungen bis hin zu lärmbedingten Fehlern sie wahrgenommen hatten.



**Abbildung 1:** Messstation im OP 2, Klinikum am Park Lünen. Die Messgeräte mussten so platziert werden, dass sie das OP-Team während der Arbeit auf keinen Fall stören und es auch keine Probleme mit der Krankenhaushygiene gibt.

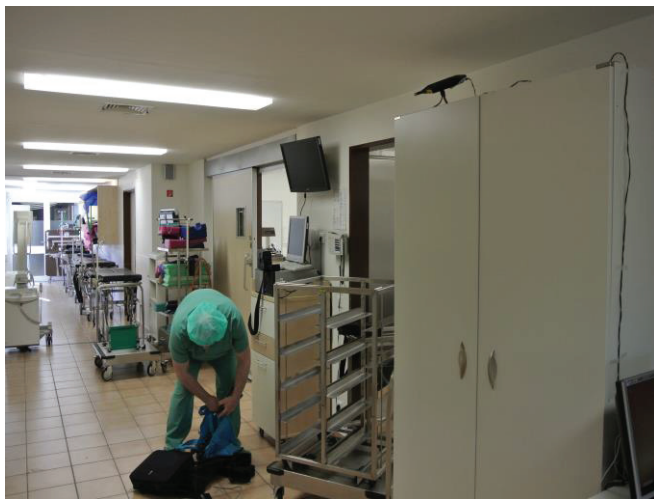


Abbildung 2: Messstation im Gang, Klinikum am Park Lünen. Rechts hinter dem Monitor ist die Patientenschleuse zu erkennen.

### Schallpegelmessungen in den OP's

Empirisch zeigt sich, dass wesentliche Schallpegel vor allem zwischen 6 und 15 Uhr zu verzeichnen sind, gefolgt von einer Pause und in der Regel nochmaligen Aktivitäten am Nachmittag (Hygiene-Team). In der Zeit bis 7 Uhr sind manchmal gar keine Pegelbewegungen zu beobachten, an anderen Tagen sehr unterschiedliche Pegelverläufe mit gelegentlich sehr hohen Spitzenpegeln. Offensichtlich handelt es sich um Reinigungs- oder Vorbereitungsarbeiten für den Arbeitstag. Da nachmittags in der Regel geringe Pegel mit nur seltenen hohen Spitzen zu verzeichnen waren, konzentriert sich die folgende Auswertung auf einen 8-stündigen Arbeitstag von 7 bis 15 Uhr und die daraus resultierenden Beurteilungspegel.

Tabelle 1: Beurteilungspegel für die vier Messstandorte im OP-Bereich Klinik Lünen (8-Std.-Messzeiträume von 7 bis 15 Uhr aus 3-wöchigen Messungen jeweils Mo. – Fr.) – alle Werte in dB(A).

	Leq	Median	Minimum	Maximum
<b>Gang</b>	62,1	61,8	58,5	65,6
<b>OP 1</b>	64,8	63,5	44,4	75,0
<b>OP 2</b>	64,7	63,8	46,5	76,9
<b>OP 3</b>	60,3	59,9	35,0	67,2

Tab. 1 zeigt die zentralen Messergebnisse über den gesamten Messzeitraum. An allen Messorten liegen die Mittelwerte relativ nahe beieinander in einem Bereich von 60 bis 65 dB(A), und auch die Mediane liegen in einem engen Bereich von rd. 60 bis 63,5 dB(A). Die beiden weitgehend ähnlichen OP-Räume 1 und 2 zeigen kaum Unterschiede in ihren Werten; die Mittelwerte von knapp 65 dB(A) liegen in Bereichen, die aus OP-Sälen durchaus bekannt sind. Natürlich liegen diese Werte aus Sicht des Arbeitsschutzes in einem Bereich, der für anspruchsvolle Tätigkeiten mit hohem Anspruch an Konzentration und Fehlerfreiheit zu hoch ist. Die Minima um 45 dB(A) stammen vermutlich aus

Arbeitspausen; die Maxima bis zu 77 dB(A) sind für Operationen sogar noch moderat.



Abbildung 3: Messstation im kleineren OP 3. Hier werden nur Operationen auf dem Fachgebiet der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde (HNO) durchgeführt.

Der OP 3 zeigt in allen Maßen geringere Werte, sehr wahrscheinlich wegen der Spezialisierung auf HNO-Operationen. Interessanterweise ist auch im Gang, der die drei OP-Räume verbindet, ein Mittelungspegel von 62 dB(A) zu verzeichnen und sogar ein Minimum von 58 dB(A). Hier herrscht also ohne Pause über die 8-stündige OP-Zeit ein Schallpegel wie an einer 4-spurigen Verkehrsstraße.

### Befragungsergebnisse in den OP's

Insgesamt wurden 100 Fragebögen von insgesamt 29 Personen ausgefüllt: 6 Ärzte (4 Männer und 2 Frauen) und 23 Pflegekräfte/Praktikanten (3 Männer, 17 Frauen, 3 o. A.). Das Durchschnittsalter betrug 48,6 J. + 10,6 (von 22 bis 63 Jahren).

Tab. 2 fasst die Befragungsergebnisse nach Schichtende zu den verschiedenen Beanspruchungsfaktoren zusammen. Hier gibt es wie o.a. keine Trennung nach Schichten; stattdessen sind verschiedene Einsatzorte angegeben, die evtl. Einfluss auf die wahrgenommene Belastung haben. Die OP-Räume 1 und 2 sind in Bauweise, Ausstattung, Funktion und OP-Arten weitgehend identisch, sodass sie zusammengefasst werden können, während OP 3 sowohl andere bauliche Eigenschaften aufweist als auch eine spezielle Nutzung nur für HNO-Operationen erfährt. Für den größten Teil der Belegschaft konnte jedoch keine konkrete Zuordnung getroffen werden; entweder fehlte eine konkrete Angabe oder es gab ausdrücklich mehrere Einsatzorte (wobei dann der Wechsel zwischen OP 1 und 2 am naheliegendsten ist). Schließlich gibt es noch die Gruppe der Anästhesisten, die sich u. a. in Art und Dauer der Exposition vom restlichen Personal unterscheiden könnten.

Tab. 2 zeigt, dass sich die drei Fragebögen der ersten Gruppe, die eindeutig den Operationssälen 1 und 2

zuzuordnen sind, deutlich von den drei folgenden Gruppen abheben mit einer recht hohen Bewertung der Lautstärke bei der Arbeit und der wahrgenommenen Belästigung durch Lärm. Bzgl. des OP 3 sind die Werte etwas geringer. Störungen der Verständigung und Konzentration sind die wesentlichen Folgen der Lärmbelastung, wie sich vor allem aus den Daten zu OP 1 und 2 sowie den Angaben der Anästhesisten schließen lässt.

**Tabelle 2:** Befragung am Schichtende – Beanspruchungsfaktoren (100 Bögen von 20 Pers.); Mittelwerte und Standardabweichungen pro Schicht – Befragung Lünen.

Gruppe		Lautstärke Arbeit	Belästigung d. Lärm	Verständigung gestört	Konzentration gestört	Leistung negativ
Op. 1/2	MW	6,00	6,00	2,00	3,33	3,00
	s	3,61	3,61	1,00	1,53	1,73
Op. 3	MW	5,20	3,60	2,60	2,00	2,00
	s	2,28	2,61	0,89	1,41	1,41
unklar n = 78	MW	3,56	2,83	2,04	1,87	0,18
	s	1,84	1,83	0,83	0,89	11,40
Anästh	MW	3,93	3,71	2,50	4,43	1,71
	SD	1,77	1,98	0,76	0,85	0,83
Gesamt n = 100	MW	3,77	3,09	2,13	2,00	0,57
	SD	1,95	2,01	0,84	0,96	10,9

Fragen „Lautstärke“ und „Belästigung durch Lärm“ – **11-stufige** Antwortvorgabe: 0 = überhaupt nicht / 10 = äußerst  
Fragen „Verständigung“ bis „Leistung“ **5-stufige** Antwortvorgabe: 1 = überhaupt nicht 2 = etwas 3 = mittelmäßig 4 = stark 5 = äußerst; **rot** = Mittelwerte über der jeweiligen Skalenmitte

Tab. 3 zeigt die Korrelation zwischen den Schallbelastungen des Tages (Leq bzw. Median über den Zeitraum von 7 bis 15 Uhr) und den entsprechenden Bewertungsbögen. Es wird deutlich, dass die akustischen Messwerte mit keinem der Belastungsfaktoren auch nur annäherungsweise korrelieren.

Der Korrelationskoeffizient mit Median oder Leq liegt für die meisten Beanspruchungsvariablen in einem Bereich  $r < 0,1$ . Die wahrgenommene „Lautstärke bei der Arbeit“ korreliert dagegen hoch mit der „Belästigung durch Lärm“ und den Faktoren „Verständigung“ bzw. „Konzentration durch Lärm gestört“. Hier wäre jetzt eine noch im Detail durchzuführende Betrachtung der Pegelverläufe und der Maximalpegel interessant, denn der Schluss liegt nahe, dass diese Antwortkombinationen (Störung durch Lärm, aber keine Korrelation mit Langzeitmaßen) durch bestimmte Situationen bewirkt wird, in denen es entweder außergewöhnlich laut war oder besonders anspruchsvolle Tätigkeiten durchzuführen waren (oder beides zusammen). Die weiteren Beanspruchungssitems (wegen Lärm gereizt bzw. geschöpft gefühlt, Leistung negativ) korrelieren interessanterweise nur untereinander und mit der Selbsteinschätzung als „lärmempfindlich“, aber weder mit

den Schallparametern noch mit den aufgabenbezogenen Items (Verständigung oder Konzentration gestört).

**Tabelle 3:** Korrelationen (Spearman) zwischen Belastungs- und Beanspruchungsfaktoren in den schichtbezogenen individuellen Beurteilungen (100 Bögen von 38 Pers.).

VARIABLE	Median	Leq dB(A)	Lautstärke Arbeit	Belästigung Lärm	Verständigung gest.	Konzentration gestört	Leistung negativ
Median dB(A)	1						
Leq dB(A)	,919**	1					
Lautstärke Arbeit	-,130	-,175	1				
Belästigung durch Lärm	,017	-,025	,834**	1			
Verständigung gest.	,147	,151	,494**	,485**	1		
Konzentration gestört	,069	,055	,526**	,693**	,601**	1	
Leistung negativ	-,031	-,079	,140	,114	,056	,060	1

Signifikanzniveau: \*  $< .05$  / \*\*  $< .01$

Fragen zu besonderen Störfaktoren und zu Fehlern bei der Arbeit (Skala von 1 (*stört überhaupt nicht*) bis 5 (*stört äußerst*)):

Nur med. Geräte, Lärm im Flur und Mitarbeiter werden im Schnitt  $> 2,0$  bewertet, also als „etwas störend“. Interessant ist der höchste Wert für „sonstige Störfaktoren“. Hier werden vor allem Sauger, Narkosegeräte und Alarmer genannt, aber auch Instrumenten-Transportwagen (auf Fliesen), Telefone und Gespräche. Als besonders störanfällige Situationen werden genannt: besonders empfindliche Zeiträume der Patientenvorbereitung, das Instrumentieren, Ein- und Ausleitung der Narkose und natürlich das Operieren.

**Tabelle 4:** Frage „Haben Sie heute wegen des Lärms Fehler / beinahe Fehler gemacht?“.

Antwort:	Fehler	beinahe Fehler
Ja	5 (5 %)	11 (11 %)
Weiß nicht	30 (30 %)	26 (27 %)
Nein	64 (65 %)	61 (62 %)
Gesamt/Station	99 (100 %)	98 (100 %)

Tab. 4 gibt die Antworten der befragten OP-Belegschaft bezüglich lärmbedingter Fehler oder Beinahe-Fehler wieder. Mehr als ein Drittel der Befragten (35 von 99) kann zumindest nicht ausschließen, lärmbedingte Fehler begangen zu haben. Bei der Frage nach Beinahe-Fehlern steigen die Ja-Angaben auf 11 % und insgesamt ein gutes Drittel kann Beinahe-Fehler nicht mit Sicherheit ausschließen.



## Ergebnisse Nachhallzeiten in den OP's

Zur orientierenden Übersicht enthält Tabelle 5 die Anzahl der durchgeführten Einzelmessungen in den Räumen, deren Abklingzeiten arithmetisch gemittelt sind. Weiterhin die Mittelwerte über die Oktavbänder von 400Hz bis 1250Hz, die für die Sprachverständlichkeit relevant sind (DIN EN ISO 3382-1:2009-10). Außerdem sind Raumvolumina und die Soll-Nachhallzeiten ( $T_{\text{soll}}$ ) für die Nutzungsart „Sprache“ dargestellt.

**Tabelle 5:** Übersicht Messergebnisse – Nachhallzeiten nach DIN 18041:2004. Alle Räume überschreiten deutlich den empfohlenen Grenzwert.

Raum	Raumvolumen	Anzahl Messungen	Gemittelte IST-Nachhallzeit von 400Hz bis 1250Hz ( $T_{\text{mid}}$ )  in Sekunden	SOLL-Nachhallzeit ( $T_{\text{Soll-Max}}$ ) $T_{\text{Soll}} + 20\%$ Toleranz  in Sekunden
OP 1	134,267 m <sup>3</sup>	12	1,60	0,78
OP 3 (HNO)	87,9576 m <sup>3</sup>	12	0,82	0,70
Flur bei OP's	125,296 m <sup>3</sup>	8	1,45	0,76



**Abbildung 4:** Messstation der Nachhallzeiten mit Norsonic-Dodekaeder (im Hintergrund) im OP 1. Der OP 2 ist baugleich.

## Diskussion

Unter dem Gesichtspunkt „Arbeitsplatz OP-Saal“ ergeben sich im gesamten OP-Bereich Mittelwerte zwischen 60 und 65 dB(A), die für anspruchsvolle konzentrierte Arbeiten, bei denen Fehler verhängnisvolle Folgen haben können, deutlich zu hoch liegen. Die Maximalpegel sind im Vergleich mit anderen OP-Studien (z. B. [6, 7]) mit Werten bis 76,9 dB(A) noch relativ moderat; andererseits liegen die Medianwerte nur geringfügig unter den Mittelwerten. Also kann man z. B. in den OP-Räumen 1 und 2 davon ausgehen, dass während der Hälfte der 8-stündigen Messzeit ein Schallpegel von 63,5

dB(A) überschritten wird. Natürlich wäre zu diesem Punkt zu prüfen, inwieweit in diesem Zeitraum das OP-Personal wechselt und damit für den einzelnen Mitarbeiter zumindest die Tagesexposition deutlich geringer ausfällt.

Die ermittelte Nachhallzeit der Räume OP1, OP3 und Flur bei OP 1 und OP2 überschreitet die empfohlenen Grenzwerte nach DIN 18041:2004 für Räume mit dem Nutzungsprofil Sprache in allen Oktavbändern. In den Räumen OP1, OP2 und Flur bei OPs werden die Anforderungen für Personen mit besonderem Bedarf an Sprachverständlichkeit nach DIN 18041:2004 nicht erreicht.

Die Anforderungen der VDI 2058 Blatt 3:2014-08 „Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten“ werden für ärztliche Tätigkeiten deutlich überschritten. Insbesondere mit Blick auf die anstehende Technische Regel für Arbeitsstätten (ASR) A3.7 „Lärm“ wird sich für Kliniken ein akuter Handlungsbedarf ergeben.

In den Kliniken werden sich zukünftig die Stabsstellen des Qualitätsmanagements, des klinischen Risikomanagements bzw. der Patientensicherheit für diese Belastungen und Beanspruchungen interessieren, um den Anforderungen der Versicherer bzgl. der Patientensicherheit gerecht zu werden.

## Literatur

- [1] Bush-Vishniac, I.J. et al.: Noise levels in John Hopkins Hospital. *J. Acoust. Soc. Am.* 118 (2005), 3629-3645
- [2] Notbohm, G., Siegmann, S.: Noise stress for patients in hospitals – a literature survey. *Collected Papers, 21st. International Congress on Acoustics ICA, Montréal, Canada (2013)*, *J. Acoust. Soc. Am.* 05/2013; 133(5):3553
- [3] Siegmann, S., Notbohm, G.: Noise in hospitals as a strain for the medical staff. *Collected Papers, 21st. International Congress on Acoustics ICA, Montréal, Canada (2013)*, *J. Acoust. Soc. Am.* 05/2013; 133(5):3453
- [4] Notbohm, G., Siegmann, S.: Workplace hospital: noise as a strain for the medical staff. *Collected papers, Conference on Acoustics AIA-DAGA, Meran, Italy (2013)*
- [5] Siegmann, S., Notbohm, G.: Noise and sleep in hospitals – a review of literature. *Collected papers, Conference on Acoustics AIA-DAGA, Meran, Italy (2013)*
- [6] Kracht, J.M.; Busch-Vishniac, I.J.; West, J.E.: Noise in the operating rooms of John Hopkins Hospital. *J. Acoust. Soc. Am.* 121 (2007) 2673–2680
- [7] Engelmann, C.R.; Neis, J.P.; Kirschbaum, C; Grote, G.; Ure, B.M.: A noise-reduction program in a pediatric operation theatre is associated with surgeon's benefits and a reduced rate of complications: a prospective controlled clinical trial. *Ann Surg.* (2014) 259 (5) 1025–1033