

RESEARCH

Philipp Knöfler

Lärm im Krankenhaus-OP

Performancesteigerung und
Fehlervermeidung durch optimierte
Akustik

 Springer

Lärm im Krankenhaus-OP

Philipp Knöfler

Lärm im Krankenhaus-OP

Performancesteigerung und
Fehlervermeidung durch optimierte
Akustik

 Springer

Philipp Knöfler
Braunschweig, Deutschland

Dissertation Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, 2019

Fakultät: Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften
Disputation am: 18.09.2019
Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch
Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Hans Goydke

ISBN 978-3-658-30175-0 ISBN 978-3-658-30176-7 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-30176-7>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

VORWORT

Diese Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Gebäude- und Solartechnik der Technischen Universität „Carolo Wilhelmina“ zu Braunschweig.

Mein Dank gilt *Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch* für die Betreuung meiner Dissertation.

Besonderer Dank gilt *Herrn Prof. Dr.-Ing. Hans Goydke*, der die Bearbeitung dieser Arbeit begleitet hat und mir fachlich und persönlich immer zur Seite stand.

Großer Dank gilt auch *Herrn Dipl.-Ing. Peter Karsten*, der mich ebenfalls mit fachlichem Rat und messtechnischem Equipment unterstützt hat.

Danken möchte ich zudem Allen die mich während der Zeit der Bearbeitung unterstützt haben oder auch kritisch hinterfragt haben, was Inhalt und Ziele dieser Arbeit seien.

Außerdem gebührt ein großer Dank *Herrn Dr. med. Andreas Beck* vom *städtischen Klinikum Braunschweig* und seinem Team, die es mir ermöglicht haben die zahlreichen Messungen im laufenden Krankenhausbetrieb durchzuführen.

Philipp Knöfler

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
2	STAND DES WISSENS	3
2.1	Historische Entwicklung	5
2.2	Behandlungsfehler durch mangelhafte Akustik	10
2.3	Krankenhauslandschaft Deutschland	16
2.4	Bauliche Rahmenbedingungen	19
3	HYPOTHESE	35
3.1	Potenziale	37
3.2	Motiv	42
4	METHODIK	45
4.1	Chronologie	46
4.2	Feldstudie	51
4.3	Validierung	60
5	ERGEBNISSE	61
5.1	Bestandsaufnahme	62
5.2	Performanceminderung durch Lärm	68
5.3	Akustische OP-Planung	72
5.4	Nachhallzeiten und Schalldruckpegel im OP	93
5.5	Relevanz der Großgeräte	114
5.6	Nahfeld versus Fernfeld	117
5.7	Aufstellung und Positionierung	120
5.8	Der lärmarme OP	124
6	DISKUSSION	127
6.1	Lösungsansätze	131
6.2	Interpolation	144
7	FAZIT	149
8	Literaturverzeichnis	153
9	Appendix	163

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

[1]	Behandlungsfehler 2011 bis 2017 ⁷ in Deutschland (Datenquelle MDK 2011 - 2017, eigene Darstellung)	4
[2]	Fallzahlen in Deutschland, Datenquelle Statistisches Bundesamt ¹² , eigene Darstellung	7
[3]	Beschäftigte im Krankenhaus in Deutschland, Datenquelle Statistisches Bundesamt ¹² , eigene Darstellung	7
[4]	Gesamtkosten im Krankenhaus in Deutschland, Datenquelle Statistisches Bundesamt ¹² , eigene Darstellung	7
[5]	Operationen in Deutschland, Datenquelle Statistisches Bundesamt ¹² , eigene Darstellung	7
[6]	Hybrid OP Sao Paulo, © GETINGE	8
[7]	Digitaler OP mit Videokonferenz, © KARL STORZ SE & Co. KG	8
[8]	Ergebnisse der MHH Studie ²³ (Eigene Darstellung)	13
[9]	Ergebnisse der NEXT-Studie ²⁵ (eigene Darstellung)	15
[10]	Krankenhäuser und deren Gebäude in Deutschland (Datenquelle Statistisches Bundesamt ¹² , eigene Darstellung)	17
[11]	Krankenhäuser und deren Baualter in Deutschland (Datenquelle Bremer Energie Institut ²⁸ , eigene Darstellung)	18
[12]	Netto-Kosten für Akustikdecken (eigene Darstellung), BKI: Baukosteninformationszentrum, Altbau Baupreise kompakt 2017, 339 Trockenbauarbeiten, S.226, 227, Ecopon: Herstellerangaben	39
[13]	Zugang zum OP-Saal (eigene Aufnahme)	54
[14]	Panorama OP-Saal (eigene Aufnahme)	54
[15]	Akustische Kamera und Laser, Screenshot Messsoftware (eigene Darstellung)	56
[16]	OP-Tisch und Nähe zur technischen Ausstattung (eigene Aufnahme)	56
[17]	Referenzschallquelle und Dodekaeder im OP-Saal (eigene Aufnahme)	57
[18]	Messequipment (eigene Aufnahme)	57
[19]	Kunstkopf (eigene Aufnahme)	57

[20]	Akustische Messung während einer Operation (eigene Aufnahme)	58
[21]	Akustische Kamera an der OP-Saal Decke (eigene Aufnahme)	58
[22]	Vergleich der Schallverteilung durch die Möblierung, Screenshot Messsoftware (eigene Darstellung)	59
[23]	Vergleich der Schallverteilung durch die Möblierung, Screenshot Messsoftware (eigene Darstellung)	59
[24]	Grundriss OP-Einheit Braunschweig (eigene Darstellung)	62
[25]	Längsschnitt OP-Saal Braunschweig (eigene Darstellung)	65
[26]	Querschnitt OP-Saal Braunschweig (eigene Darstellung)	65
[27]	Ergebnisse aus Ergonomie im OP-Saal, Schiendzielorz/ Salzmann/ Benedikter, 2016 (Eigene Darstellung), aus <i>Ergonomie im OP- Saal: Funktionsbestimmender Faktor im extremen Raum</i> , Hoch- schule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd, Abb.7	74
[28]	Anforderungen der Raumgruppe B der DIN 18041 überführt in ein Nomogramm (eigene Darstellung)	75
[29]	Grundriss OP-Saal Neufert, Copyright Neufert Stiftung, Weimar	78
[30]	Nachhallzeit OP-Saal nach NEUFERT ⁷⁵ (eigene Darstellung gemäß DIN 18041)	81
[31]	Grundriss OP-Saal aus DGUV ¹⁹ (Birte Alber, Illustration & Grafik)	82
[32]	Nachhallzeit OP-Saal nach DGUV (eigene Darstellung, DIN 18041)	85
[33]	Grundriss „Mehrzweckoperationssaal“ aus KRANKENHAUS- BAU ²⁷ , Dirichlet/Labryga/Poelzig/Schlenzig, Krankenhausbau: Maßkoordination, Entwurfsstrategie, Anwendungsbeispiele, Verlag Alexander Koch, Stuttgart, 1979	87
[34]	Grundriss „Tibia“ aus KRANKENHAUSBAU ²⁷ , Dirichlet et al. (1979)	87
[35]	Grundriss „Funktionseinheit (Operation)“ aus KRANKENHAUS- BAU ²⁷ , Dirichlet et al. (1979)	87
[36]	Grundriss OP-Saal Braunschweig (eigene Darstellung)	88
[37]	Nachhallzeitauswertung OP-Saal Braunschweig (eigene Darstel- lung gemäß DIN 18041)	91
[38]	Nachhallzeit und Sprachverständlichkeit gemäß DIN 18041 (eigene Darstellung)	94
[39]	Nachhallzeit im OP-Saal Braunschweig, Vergleich Impulsmessung und Rauschmessung (eigene Darstellung)	95

[40]	Raummoden OP-Saal Braunschweig 79,9 Hz (Hunecke Raummodenrechner)	97
[41]	Raummoden OP-Saal Braunschweig 96,9 Hz (Hunecke Raummodenrechner)	97
[42]	Nachhallzeit im OP-Saal Braunschweig, Vergleich Sollbereich und Messkurve (eigene Darstellung)	99
[43]	Statischer Zustand im OP-Saal Braunschweig (Eigene Darstellung)	100
[44]	Dynamischer Zustand im OP-Saal Braunschweig (Eigene Darstellung)	100
[45]	Empfehlung maximaler Schallpegel (eigene Darstellung)	101
[46]	Lärmbelastung am Arbeitsplatz (eigene Darstellung), Datenquelle Michaelis (2005) ¹⁰⁵ und Elbischger (2009) ¹¹⁸	102
[47]	Lärmbelastung am Arbeitsplatz (eigene Darstellung), Datenquelle: Lärmbelastung auf Erwachsenen-Intensivstationen, Elbischger (2009) ¹¹⁸	103
[48]	Schalldruckpegelmessung im Raum, statischer Zustand (eigene Darstellung)	105
[49]	Schallquellen im Raum (rot), dynamischer Zustand (eigene Darstellung)	105
[50]	OP-Saal Braunschweig, statischer Zustand (eigene Aufnahme)	106
[51]	OP-Saal Braunschweig, dynamischer Zustand (eigene Aufnahme)	106
[52]	Schalldruckpegel im Raum, „Laser on Speech off“ vs. „Laser on Speech on“ (eigene Darstellung)	108
[53]	Schalldruckpegel im Raum, „Laser on Speech on“ vs. „Laser off Speech off“ (eigene Darstellung)	108
[54]	Schalldruckpegel im Ohrkanal (Eigene Darstellung)	110
[55]	Nahfeld der Operation (eigene Darstellung, Foto)	111
[56]	Nahfeld der Operation (eigene Darstellung, Grafik)	111
[57]	Schalldruckpegel im Nahfeld des Lasers (eigene Darstellung)	112
[58]	Zusammenfassung Schalldruckpegel im OP-Saal Braunschweig (eigene Darstellung)	113
[59]	Pegeladdition (eigene Darstellung)	114

[60]	Schalldruckpegelverlauf in Abhängigkeit von der Entfernung zu einer Punktschallquelle, VDI 3760 (1996-02), S.6, Bild 2	118
[61]	Pegelreduktion in Abhängigkeit vom Abstand zur Schallquelle und der räumlichen Umgebung (eigene Darstellung)	118
[62]	Akustische Nahfeldvermeidung im gekennzeichneten Bereich (blau) um den OP-Tisch (eigene Darstellung)	119
[63]	Idee zur Schallquellenidentifikation, Standardraum nach NEUFERT (2009), S.313, Akustische Kamera an OP-Decke (eigene Darstellung) Überlagerung Grundriss und Messung, Grundriss nach NEUFERT (2009) ergänzt durch eigene Darstellung	121
[64]	Messaufbau im OP-Saal (eigene Darstellung)	121
[65]	Einfluss der Möblierung auf die Schallverteilung im Raum (Screenshot der Messsoftware), eigene Darstellung	123
[66]	Einfluss der Möblierung auf die Schallverteilung im Raum (Screenshot der Messsoftware), eigene Darstellung	123
[67]	Der lärmarme OP (eigene Darstellung)	126
[68]	Akustische Maßnahmen im OP (eigene Darstellung)	132
[69]	Messdaten der Feldstudie mit 55 dB(A)-Schwelle für konzentriertes Arbeiten (eigene Darstellung)	133
[70]	Notaufnahme UKSH, © Ecophon	134
[71]	Sundsvalls sjukhus, © Ecophon	134
[72]	Diffus abstrahlende Oberflächenstruktur der „weißen Haut“ (eigene Darstellung)	135
[73]	Lösungsansatz für den untersuchten OP-Saal (eigene Darstellung)	140
[74]	Maßnahmen im OP-Saal Braunschweig und Einfluss auf die Nachhallzeit im Raum (eigene Darstellung)	141
[75]	Schalldruckpegel und Lautheit im OP-Saal (eigene Darstellung)	151

TABELLENVERZEICHNIS

[1]	DIN 18041 ⁴⁴ – Nutzungsarten mit Beschreibung und Beispielen für Räume der Gruppe A (gekürzt)	28
[2]	DIN 18041 ⁴⁶ – Nutzungsarten mit Beschreibung und Beispielen für Räume der Gruppe B (gekürzt)	29
[3]	Zusammenführung der Angaben gem. DIN 4109-1:2016-07 Tabelle 2, 3, 4, 5, Deutsche Norm, Beuth Verlag	31
[4]	Zusammenführung der Angaben gem. DIN 4109-1:2006-10 Tabelle A.1, A.2, A.3, A.4, Deutsche Norm, Beuth Verlag	33
[5]	Messequipment	49
[6]	Art der durchgeführten Messung im zeitlichen Verkauf	52
[7]	Raummaße OP-Saal Braunschweig	63
[8]	Medizinische Ausstattung OP-Saal Braunschweig	66
[9]	Kennzahlen OP-Saal Braunschweig	67
[10]	A/V-Verhältnis OP-Saal Braunschweig	67
[11]	Silbenverständlichkeit in Prozent in Abhängigkeit von der Nachhallzeit und dem Signal-Rausch-Abstand, Finitzo-Heiber/ Tillman	69
[12]	Inhalt gemäß „Lauter Schall“, ergänzt gemäß DGUV ⁹⁵	70
[13]	Formeln (1) bis (5) der DIN 18041 ⁴⁷ – Abhängigkeit der Soll-Nachhallzeit T_{Soll} vom Raumvolumen V	76
[14]	Angaben gemäß Tabelle 3 DIN 18041 ⁴⁷	77
[15]	Kennwerte OP-Saal nach NEUFERT ⁷⁵	79
[16]	A/V Verhältnis OP-Saal nach NEUFERT ⁷⁵	79
[17]	Resultierende Nachhallzeit OP-Saal NEUFERT ⁷⁵	79
[18]	Kennwerte OP-Saal nach DGUV ⁵⁰	83
[19]	A/V Verhältnis OP-Saal nach DGUV ⁵⁰	83
[20]	Resultierende Nachhallzeit aus A/V Verhältnis OP-Saal nach DGUV ⁵⁰	83
[21]	Kennwerte OP-Saal Braunschweig	89
[22]	A/V Verhältnis OP-Saal Braunschweig	89
[23]	Resultierende Nachhallzeit aus A/V Verhältnis OP-Saal Braunschweig	89
[24]	Beispielhafte Großgeräte in deutschen Krankenhäusern	115

VERZEICHNIS VON ABKÜRZUNGEN, SYMBOLEN UND BEGRIFFEN

Abkürzung	Bedeutung	Einheit	Beschreibung
A	Äquivalente Absorptions- oberfläche	m ²	Geometrische Oberfläche x Absorptionsfaktor α
A _{geometrisch} A/V	Geometrische Oberfläche A zu V Verhältnis	m ² m ² /m ³	Verhältnis äquivalente Absorptionsfläche zu Raumvolumen
α	Absorptionsgrad	-	Faktor der Absorption von 0,0 bis 1,0
BRI: dB	Bruttorauminhalt Dezibel	m ³ dB, dB(A), dB(C)	Volumen in Kubikmeter Logarithmische Verhältnisgröße
Hz	Hertz	1/s	Schwingungen pro Sekunde
kHz	Kilohertz	1/s	
K _I	Korrekturfaktor für Impulshaltigkeit		
K _T	Korrekturfaktor für Ton- und Informationshaltigkeit		
L _{Aeq}	Äquivalenter Dauerschall- pegel	dB(A)	Aufsummierter Pegel über die Zeit, gehörlich- tig
L _{AFmax}	Maximalpegel	dB(A)	Zeitbewertung „fast“
L _{CPKmax} auch	Spitzenpegel	dB(C)	„peak“, auch L _{pC,peak}
L _w	Schallleistungspegel	dB	
L _p	Schalldruckpegel	dB	
L _{pA,1m}	Schalldruckpegel mit Abstandsangabe	dB(A)	Pegel im Abstand von 1 Meter
L _r	Beurteilungspegel	dB	Gemittelter Pegel inkl. Korrekturfaktoren
L _I	Schallintensitätspegel	dB	

$L_{EX,8h}$	Expositionspegel	dB(A)	gemittelt über 8 Stunden ohne Korrekturfaktoren
$L'_{n,w}$	Bewerteter Norm-Trittschallpegel	dB	Bauteilbewertung Trittschall
lg	Logarithmus		
N	Lautheit	sone	Psychoakustische Kenngröße
NRF	Nettoraumfläche	m^2	Fläche in Quadratmeter
NRF/A	Faktor Nettoraumfläche zu äquivalenter Absorptions- fläche		
R'_{w}	Bewertetes Schalldämm- maß	dB	Bauteilbewertung Luftschall
SNR	Störgeräuschpegel	dB(A)	Überlagerung des Informationssignals
T	Nachhallzeit	s	Nachhallzeit in Sekunden
$T_{250-2000}$	Nachhallzeit im Sprachbe- reich 250 bis 2000 Hz	s	Oktaven 250,500,1000,2000 Hz
T_{Soll}	Soll-Nachhallzeit in Sekunden	s	Sollwert der Nachhall- zeit nach DIN 18041
T_{res}	Resultierende Nachhallzeit	s	Korrigierte Nachhallzeit
T_{60}	Nachhallzeit mit vollem Dynamikbereich		Pegelabfall 60 dB
T_{20}	Nachhallzeit mit reduzier- tem Dynamikbereich		Pegelabfall 20 dB

KURZFASSUNG

Ist Lärm im Krankenhaus-OP ein bisher zu wenig beachtetes Thema und geht dies zu Lasten der Performance und Fehlerrate? Diese Frage sollte die durchgeführte Arbeit beantworten. Welchen Stellenwert hat die Akustik an einem Arbeitsplatz, der vom Grundgedanken her die bestmöglichen Arbeitsbedingungen liefern sollte, da dort der Eingriff am menschlichen Körper erfolgt?

Optimale raumakustische Bedingungen und lärmindernde Maßnahmen liefern die Basis für konzentriertes Arbeiten und begünstigen sowohl die Performance als auch die Fehlervermeidung. Im Bauwesen wird dem OP-Saal scheinbar nicht diese entscheidende Bedeutung zugewiesen. Die Ergebnisse zeigen, dass die simultane Durchführung von Koordination, Kommunikation und kognitiver Arbeit unter optimalen Arbeitsbedingungen stattfinden sollte, und dies bedeutet das der maximalen Schalldruckpegel im Raum 55 dB(A) nicht überschreiten sollte. Konkrete Folgen einer mangelhaften Akustik für den operierenden Arzt sind Kommunikationsdefizite und Ablenkung durch tonhaltige Signale, lange Nachhallzeiten im Raum und hohe Schalldruckpegel im Nahbereich von medizinischen Großgeräten. Welcher Lärmpegel tatsächlich am OP-Tisch herrscht, konnte durch eine Messung im Ohrkanal des operierenden Arztes nachgewiesen werden. Die Messdaten zeigen deutlich, dass die empfohlenen Maximalpegel überschritten werden. Die eigenen Messdaten belegen Schalldruckpegel knapp unterhalb von 70 dB(A) im Ohr des operierenden Arztes bereits unter Einsatz der technischen Grundausstattung. Der gemittelte Schalldruckpegel über eine gesamte Operation ergab sich sogar zu annähernd 80 dB(A). Dieser Pegel wird mehr als fünfmal so laut wahrgenommen, wie der Grenzwert von 55 dB(A).

Es wurden aus akustischer Sicht sehr ungünstige Faktoren für das konzentrierte Arbeiten beobachtet, die nur durch eine ganzheitliche akustische Planung in die Nähe der empfohlenen Grenzwerte korrigiert werden können. Im OP-Saal sollten durch den Anspruch an besonders hohe Sprachverständlichkeit bessere akustische Bedingungen vorliegen. Dies reduziert nachweislich die kognitive Belastung und kann sich folglich positiv auf die Fehlerquote auswirken.

Die Einflussmöglichkeiten für eine derartige Pegelreduktion teilen sich auf drei Bereiche auf – Nutzerverhalten, Raumboflächen und Raumausstattung. Besondere Beachtung sollte jedoch dem Arbeitsbereich des operierenden Arztes zukommen. In unmittelbarer Nähe verteilen sich hier diverse Lärmquellen, die durch typische raumakustische Maßnahmen nicht zielführend zu eliminieren sind.

Ausschlaggebend für die Lärmbelastung im vorliegenden Fall war das akustische Nahfeld eines Lasergerätes der urologischen Abteilung. Für den untersuchten OP-Saal wurden Möglichkeiten der Pegelreduktion entwickelt, die sich auch auf andere OP-Säle übertragen lassen. Um jedoch einen akustischen Mindeststandard bei der Realisierung von OP-Sälen zu gewährleisten, müssen einfache handhabbare Vorgaben in den Planungsprozess implementiert werden. Sowohl die Mess- und Analyseverfahren als auch die Zusammenhänge sind für den Laien zu komplex oder nicht schlichtweg anwendbar. Die Planungsaufgabe „lärmarmere OP“ sollte dringend ihren Weg in die Praxis finden, um die oben genannten Arbeitsbedingungen zu verbessern und sowohl dem Personal als auch dem Patienten eine adäquate Umgebung bieten zu können.

ABSTRACT

Is noise in hospital operating rooms a topic that has received too little attention in the past and is there an impact on performance and error rate due to acoustics? This question should be answered by this work. How important is acoustic in a workplace that, basically should provide the best possible working conditions for working on human bodies?

Optimal room acoustic conditions and noise reductions can provide ideal conditions for concentrated work, high performance and error prevention. In the construction industry, the operating room does not seem to be assigned this important. The results show that the simultaneous performance of coordination, communication and cognitive work should take place under ideal working conditions. This means under a maximum sound pressure level of 55 dB (A). Direct consequences of poor acoustics for the operating doctor are communication deficits and distraction by sound signals, long reverberation times and high sound pressure levels close to medical equipment. The noise level at the operating table was measuring at the ear canal of the operating doctor. The measurement data shows that the recommended maximum levels are exceeded. The striking sound pressure levels were just below 70 dB (A) in the ear of the operating doctor using the basic technical equipment. The average sound pressure level over a whole operation was even close to 80 dB (A). This level is perceived more than five times louder than the limit of 55 dB (A). From an acoustical point of view, very inconvenient factors have been observed for concentrated work, which can only be corrected close to the recommended limits by holistic acoustic planning. The requirements for high speech intelligibility should provide better acoustic conditions in operation rooms. This will cause reduction of the cognitive load and can also have a positive effect on the error rate. The possibilities of influencing such a sound level reduction are divided into three topics - user behavior, room surfaces and interior design. Particular attention should be given to the working area of the operating doctor, because if he is surrounded by various sources of noise in close distance the typical room acoustic actions will not be useful.

In the presented case the acoustic near field of a laser device of the urological department was decisive for the noise pollution. For the examined operating room possibilities for the level reduction were developed, which can be transferred to other operating rooms. However, to ensure a minimum acoustic standard in the realization of operating rooms, simple and user-friendly specifications must be implemented in the planning process. The measurement and analysis methods as well as the technical understanding are too complex or not applicable for the layman. The task of "silent surgery" has to be implemented into practice in order to improve the above-mentioned working conditions. Only then there will be an adequate environment for the staff and the patient.



1 EINLEITUNG

„Um die dröhnende Welt etwas leiser werden zu lassen, würden Marketingstrategen vorschlagen, die ganze Erde mit Teppichboden zu belegen, anstatt den Menschen ein paar einfache Filzpantoffel zu empfehlen.“¹

Willy Meurer (1934 - 2018)

deutsch-kanadischer Kaufmann, Aphoristiker und Publizist

Lärm ist unerwünschter Schall². Je mehr unerwünschte Einflüsse auf den Menschen einwirken, desto mehr fühlt er sich gestört³. Lärm kann den Menschen sprichwörtlich um den Verstand bringen. Je größer die Belastung durch Lärm, desto weniger kann sich der Mensch auf zusätzliche Tätigkeiten konzentrieren. Evolutionsbedingt kann der Mensch seine Ohren vor Lärm nicht verschließen. Ein Mechanismus um sich vor Gefahren zu schützen⁴. Der Mensch ist stets unterschiedlichsten Umwelteinflüssen ausgesetzt. Lärm gehört dazu. Der Einfluss von Lärm auf den Menschen und die selektive Bewertung dieser Einflüsse oder der psychologischen Faktoren ist schwer zu bewerten. Wahrnehmung ist subjektiv. Wie kann der Mensch vor Lärm geschützt werden und wann ist es sogar zwingend erforderlich?

Die effektivste Möglichkeit Lärm zu mindern ist, den Entstehungsort, die Schallquelle zu beeinflussen (s.o. Zitat von Willy Meurer). Ist dies nicht möglich, können Maßnahmen helfen, die den unerwünschten Schall absorbieren oder die Schallausbreitung verhindern. Entscheidend ist jedoch, die Schallquelle zu identifizieren, deren Charakteristik hinsichtlich Schalldruckpegel und Frequenzzusammensetzung genau zu bestimmen und die Umgebungsparameter zu ermitteln. Um überhaupt wirksame Maßnahmen einleiten zu können, sind viele

¹ Aphorismen (1997-2019)

² Vgl. ASR A3.7 (2018, S.20)

³ Hellbrück/Guski (2018), S.9

⁴ Vgl. Hellbrück/Guski (2018), S.86

Faktoren gleichzeitig entscheidend. Ein Patentrezept zur Lärmbeseitigung gibt es nicht. Die Bau- und Raumakustik beschäftigt sich mit den Themen der Schallausbreitung im Raum und im Festkörper. Die Grundlagen der Absorption, Transmission oder der diffusen Streuung sind in den Regelwerken der Bau- und Raumakustik definiert. Die Identifikation von Problemen, die messtechnische Erfassung und die anschließende Auswertung und Bewertung der Messergebnisse obliegt dem Menschen. Ein zumeist aufwendiger Prozess, der exaktes Arbeiten erfordert und entsprechendes Fachwissen voraussetzt, um die folgerichtigen Schlüsse ziehen zu können. Akustische Probleme werden in der Regel nicht durch einen erfahrenen Ingenieur oder Akustiker sondern durch den Nutzer in einer konkreten Situation realisiert. Ohne das nötige Fachwissen ist die Identifikation der Ursache kaum möglich. Ist diese nicht zu erkennen, werden nur die Auswirkungen bekämpft und eine befriedigende und dauerhafte Verbesserung ist, wenn überhaupt, nur durch umfangreiche und kostenintensive Maßnahmen möglich. Dabei sind heutzutage für den Bereich der Bau- und Raumakustik innovative Produkte und Materialien verfügbar, die den Nutzerkomfort oder die Leistungsfähigkeit nachhaltig verbessern können. Die Steigerung der Leistungsfähigkeit und eine Reduzierung der Fehlerhäufigkeit sind besonders erstrebenswerte Ziele für Arbeitsplätze im Krankenhaus – speziell im OP-Saal. Der Gesundheitssektor ist einer ständigen Veränderung unterworfen. Gründe hierfür sind die sich verändernde Gesellschaft und deren Krankheitsbilder. Das Bauen für den Gesundheitssektor muss folglich mit vielen Variablen arbeiten und unter Anwendung von Prognosen und Szenarien auch zukünftige Entwicklungen und Bauaufgaben identifizieren. Nachträgliches Reagieren und Anpassen gehört automatisch dazu. Dies erschwert die Optimierung der Arbeitsbedingungen zusätzlich. Neben umfangreichen Hygieneanforderungen müssen sicherheitsrelevante Aspekte ebenso geplant werden, wie die Belange der technischen Gebäudeausrüstung, der Ausstattung und des Nutzers. Eine komplexe Aufgabe, deren Stellgrößen zudem limitierenden wirtschaftlichen Aspekten unterworfen und Maßnahmen monetär bewertet werden. An diesem Punkt werden raum- und bauakustische Maßnahmen in ihrer Notwendigkeit in Frage gestellt. Kann eine optimale Nachhallzeit eine positive Auswirkung auf Personal und Patient haben? Kann ein reduzierter Lärmpegel die Liegezeiten, postoperative Komplikationen und Medikation beeinflussen? Und wirkt sich die Lärmbelastung im OP-Saal tatsächlich auf die Leistungsfähigkeit des Personals aus?



2 STAND DES WISSENS

„Eines Tages wird der Mensch den Lärm ebenso unerbittlich bekämpfen müssen, wie die Cholera und die Pest.“⁵

Robert Koch (1843 - 1910)

deutscher Bakteriologe, 1905 Nobelpreis für Medizin

Die Beurteilung von Behandlungsfehlern in Deutschland ist nur in Ansätzen möglich. Eine Meldepflicht oder nationale Datenbank für Fehler, die nicht passieren dürften, die sogenannten „Never-Events“, existiert nicht⁶. Behandlungsfehler können lediglich dem Jahresbericht des „Medizinischen Dienst der Krankenversicherung“ (MDK)⁷ entnommen werden. Die hier veröffentlichten Zahlen weisen jedoch eine hohe Dunkelziffer auf. Vermutet werden jährlich etwa 100.000 Behandlungsfehler⁸. Gemäß Auswertung der Jahresberichte 2011 bis 2017 des MDK (vgl. Abb. 1) werden jährlich gemittelt etwa 14.000 Vorwürfe von Patienten geprüft, von denen sich fast ein Drittel als Behandlungsfehler erweisen. Für das Jahr 2017 konnten 3.337 Behandlungsfehler mit Schaden nachgewiesen werden. Davon konnten etwa 1.300 Fälle (39 Prozent) dem OP-Bereich zugeordnet werden. Der Gesundheitssektor und speziell die Behandlung von Menschen und das Operieren im Operationssaal sind vertrauliche Bereiche ohne öffentlichen Zugang. Fehler und Probleme zu veröffentlichen, wird vermieden. Dementsprechend stellt sich auch eine Auswertung von Fehlern und deren Ursachen in Zahlen schwierig dar und kann nur in Annäherung anhand von statistischen Erhebungen oder Forschungsberichten erfolgen. Die Zuweisung von Behandlungsfehlern auf mangelhafte akustische Randbedingungen gestaltet sich umso schwieriger. Dennoch scheint ein erheblicher Einfluss durch Lärm auf die Performance im OP-Saal zu bestehen.

⁵ Aphorismen (1997-2019)

⁶ Vgl. Deutschlandfunk (2018)

⁷ Vgl. MDK (2011-2017)

⁸ Gronemeyer (2018)