

MASTERARBEIT

ANALYSE DER LÄRMSITUATION IN KRANKENANSTALTEN

Michael Habenbacher

Vorgelegt am
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

Betreuer
Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler

Mitbetreuer
Oberrat Dipl.-Ing. Heinz Ferk

Graz am 23. März 2020

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am
.....
(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz,
.....
(signature)

Anmerkung

In der vorliegenden Masterarbeit wird auf eine Aufzählung beider Geschlechter oder die Verbindung beider Geschlechter in einem Wort zugunsten einer leichteren Lesbarkeit des Textes verzichtet. Es soll an dieser Stelle jedoch ausdrücklich festgehalten werden, dass allgemeine Personenbezeichnungen für beide Geschlechter gleichermaßen zu verstehen sind.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mir während meiner Diplomarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Für die kompetente und freundliche Betreuung von universitärer Seite bedanke ich mich bei Herrn Oberrat Dipl.-Ing. Heinz Ferk.

Ein besonderer Dank gebührt zudem meiner Familie. Meine Mutter Birgit, mein Vater Johannes und meine beiden Brüdern Johannes und Andreas haben mich meine gesamte Ausbildung hindurch bedingungslos unterstützt. Besonders hervorheben möchte ich in diesem Zusammenhang meine Eltern, die mir vor allem in den schwierigen Zeiten den Rücken gestärkt haben und mir bei all meinen Entscheidungen Verständnis und Vertrauen entgegengebracht haben.

Bedanken möchte ich mich außerdem bei all meinen Freunden und Studienkollegen, mit denen ich gemeinsam stundenlang gelernt, gelacht und die verbrachte Zeit genossen habe. Erst durch sie wurde meine Studienzeit zu etwas ganz Außergewöhnlichem.

Und schließlich gilt mein Dank Teresa, die für mich die größte Stütze während der letzten Jahre darstellte. Sie musste oft auf mich verzichten, als ich mich zum Lernen oder Schreiben zurückzog – vielen Dank für das Verständnis und die Rücksicht!

Graz, am

.....

(Michael Habenbacher)

Kurzfassung

Die umweltbedingte Schallbelastung nimmt seit der industriellen Revolution konstant zu und ist inzwischen omnipräsent. Dies gilt auch für Krankenhäuser. Krankenanstalten sollten eigentlich hilfeschuchenden Menschen einen Rückzugsort bieten, in welchem eine möglichst schnelle Genesung ermöglicht und eine ganzheitliche Pflegeversorgung angeboten wird. Dennoch stellt ein stationärer Aufenthalt für viele Patienten eine große Stressbelastung dar. Sie werden aus ihrem gewohnten Umfeld gerissen, die sozialen Kontakte können nicht hinlänglich gepflegt werden und auch den alltäglichen Routinen kann oft nicht in gewohntem Maß nachgegangen werden. Zudem werden diese Leute außergewöhnlichen Umweltbedingungen ausgesetzt, beispielsweise einem überdurchschnittlich hohen Dauerschallpegel.

Eines der Ziele dieser Arbeit ist es, einen ganzheitlichen Einblick in das System der Krankenanstalten im Allgemeinen zu ermöglichen und gleichzeitig die Struktur und Einflussfaktoren der österreichischen Krankenhauslandschaft aufzuzeigen. Der Kern der Arbeit beschäftigt sich mit der allgemeinen Schallsituation in Spitälern. Dafür wird einerseits die Wirkung von Schall auf den menschlichen Körper und die Psyche beschrieben und andererseits auf die normativen und rechtlichen Rahmenbedingungen des Schallschutzes in Krankenanstalten eingegangen. Außerdem wird die allgemeine Schallsituation in Spitälern und deren Schallquellen beschrieben, mit dem Ergebnis, dass derzeit die von der WHO vorgegebenen Richtlinien bei Weitem nicht eingehalten werden können.

Abschließend werden mögliche Schallschutzmaßnahmen sowohl baulicher als auch prozessorientierter Natur erörtert und weitere Tools für ein zukünftiges, erfolgreiches Risikomanagement vorgestellt.

Abstract

Environmental noise pollution, an issue that came up hand in hand with the industrial revolution, is today omnipresent. Even in hospitals there is a similar situation. Actually, clinics should provide shelter for those seeking for help to promote physical recovery and offer nursing service. Still most patients experience a lot of stress during their hospitalisation. Being taken away from the familiar surroundings, not being able to care the social welfare and not continuing the daily routines makes it hard to feel comfortable. Furthermore, patients have to deal with extraordinary environment such as potentially harmful noise levels.

One of the aims of this master's thesis is to deliver an overall insight into the system of hospitals in general as well as to describe the structure and to determine the main influences of the Austrian health care institutions. The main part of this work deals with the current situation in hospitals concerning sound. Therefore, the impact of noise on the human body and the psyche is elucidated as well as the normative framework of sound insulation and the guidelines for a healing environment in health care institutions. In addition, the hospital environmental sound pressure levels are described, and the main sources of environmental noise are identified. The outcome reveals, that all hospitals, regardless of their size, type of patients they care for, all times of the day, exceed recommended noise levels put forth for example by the WHO.

Finally, several suggestions for improvement and further recommendations for a successful risk management in the future are given.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation.....	2
1.2	Zielsetzung.....	4
1.3	Methodische Vorgehensweise	5
2	Theoretische und konzeptionelle Grundlagen	6
2.1	Definitionen	6
2.1.1	Allgemeine Begrifflichkeiten	6
2.1.2	Begrifflichkeiten im Krankenhausbau	14
2.1.3	Bauphysikalische Begrifflichkeiten	15
2.2	Grundlagen zum Krankenhausbau	32
2.2.1	Das System Krankenhaus.....	32
2.2.2	Die österreichische Krankenhauslandschaft	33
2.2.3	Bauliche Struktur und ihre Gliederung	40
2.2.4	Einflussfaktoren auf die bauliche Entwicklung	43
2.2.5	Healing Environment	48
2.3	Grundlagen zur Bauphysik.....	53
2.3.1	Schallschutz	53
2.3.2	Luftschallschutz.....	58
2.3.3	Trittschallschutz	63
2.3.4	Haustechnische Einrichtungen.....	65
2.3.5	Schall von Geräten und Krankenhausbetrieb	65
2.3.6	Raumakustik	66
2.4	Grundlagen des Hörens.....	68
2.4.1	Anatomie des menschlichen Ohrs	68
2.4.2	Physiologische Grundlage der Reizverarbeitung	71
2.4.3	Hörbereich des Menschen	74
3	Wirkung von Lärm auf den Organismus	76
3.1	Aurale Wirkung von Lärm	77
3.2	Extra-aurale Wirkung von Lärm	82
3.2.1	Primäre extra-aurale Lärmwirkung.....	82
3.2.2	Sekundäre extra-aurale Lärmwirkung	91
3.2.3	Tertiäre extra-aurale Lärmwirkung	95
3.3	Wirkung von Infraschall aus der Umwelt.....	98
3.4	Wirkung von Ultraschall aus der Umwelt	101
4	Schallschutz im Krankenhausbau	103
4.1	Allgemeine Schallanforderungen an ein Krankenhaus	103
4.2	Gesetzliche und normative Rahmenbedingungen	104
4.2.1	OIB - Österreichisches Institut für Bautechnik	104
4.2.2	ÖNORM.....	108
4.2.3	WHO - World Health Organization	114
4.2.4	US EPA - U.S. Environmental Protection Agency.....	115
4.2.5	INC – International Noise Council	115
4.3	Tatsächliche Schallsituation auf Studienbasis	116
4.4	Schallquellen.....	121
4.4.1	Externe Schallquellen	121
4.4.2	Interne Schallquellen.....	124

5	Verbesserungsmöglichkeiten des Schallschutzes	128
5.1	Bauliche Schallschutzmaßnahmen	128
5.1.1	Krankenhausneubau	129
5.1.2	Krankenhaus- oder Stationsumbau	130
5.2	Schallschutzmaßnahmen für personalbedingten Lärm	133
5.2.1	Bewusstseinsbildung	133
5.2.2	Gezielte Produktauswahl	133
5.2.3	Mitarbeiterschulungen	134
5.2.4	Schallschutzbeauftragter	134
5.2.5	Guidelines	135
5.2.6	Gedämpftes Licht	135
5.3	Schallschutzmaßnahmen für gerätebedingten Lärm	136
5.4	Sonstige Maßnahmen	138
5.4.1	Ohrstöpsel	138
5.4.2	Lärmampel	138
5.4.3	Gezielter Einsatz von Musik	139
5.4.4	Noise cancelling System	140
5.4.5	(Chancen-) Risikomanagement	141
6	Fazit und Ausblick	143
6.1	Zusammenfassung	143
6.2	Ausblick und weiterer Forschungsbedarf	145
	Literaturverzeichnis	147

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Charakteristika von Routine-, Ad-hoc- und Regelprozessen	9
Abbildung 2 - PDCA-Zyklus	12
Abbildung 3 - Darstellung von Ton (oben), Klang (mitte) und Geräusch (unten) mit dem jeweiligen Frequenzband	16
Abbildung 4 - Darstellung unterschiedlicher Frequenzspektren [Hz].....	17
Abbildung 5 - zeitabhängige Darstellung von Schalldruck als Überlagerung von atmosphärischem Druck	18
Abbildung 6 - Schalldruckpegelkorrekturkurven A, B und C.....	20
Abbildung 7 - Schallausbreitung ausgehend von einer Punktschallquelle	23
Abbildung 8 - Schallausbreitung ausgehend von einer Linienschallquelle	23
Abbildung 9 - Skizze von Schallsignalverlauf in einem abgeschlossenen Raum mit der Weglänge l des direkten Schalls und den Weglängen l_{1-3} des reflektierten Schalls. Die zusätzlichen Indizes D (Decke) und W (Wand) beschreiben die unterschiedlichen Reflexionswege	29
Abbildung 10 - Verlauf eines Schallsignals nach seiner Beendigung mit eingezeichneter Nachhallzeit $T(f)$	30
Abbildung 11 - Spitalsfinanzierung in Österreich.....	37
Abbildung 12 - Krankenhausbettenentwicklung in Österreich	39
Abbildung 13 - Bettenentwicklung in Österreich je 1000 Einwohner (tatsächlich aufgestellte Betten)	40
Abbildung 14 - Wechselwirkungen Raum - Personal - Prozess	42
Abbildung 15 - Altersstruktur der österreichischen Bevölkerung	45
Abbildung 16 - Komponenten des Healing Environment	50
Abbildung 17 - Luftschalldämmung und Luftschalldämpfung	59
Abbildung 18 - Aufgliederung der Schalleistung eines auf eine Wand auftreffenden Schallsignals mit $p_e(f)$ = auftreffende Schalleistung, $p_s(f)$ = dissipierte Schalleistung, $p_r(f)$ = reflektierte Schalleistung und $p_t(f)$ = transmittierte Schalleistung	59
Abbildung 19 - Luftschallübertragungswege zwischen Nachbarräumen	60
Abbildung 20 - charakteristischer Verlauf des Luftschalldämm-Maßes R eines einschaligen Bauteils mit f_g als Koinzidenzfrequenz.....	61
Abbildung 21 - Schwingungssystem eines zweischaligen Bauteils.....	62
Abbildung 22 - Frequenzabhängiger Verlauf des Luftschalldämm-Maßes R für schalltechnisch zweischalige Bauteile	62
Abbildung 23 - Wege des Körperschalls in einem Gebäude nach Trittschallanregung einer Decke	64
Abbildung 24 - Anatomie des menschlichen Ohrs.....	68
Abbildung 25 - Frequenzwahrnehmung in der Cochlea	70
Abbildung 26 - Schnitt durch das Cortische Organ im Innenohr	70
Abbildung 27 - Hörbereich des menschlichen Ohrs	75
Abbildung 28 - aurale und extra-aurale Lärmwirkung.....	77
Abbildung 29 - Bild einer gesunden Cochlea	78
Abbildung 30 - Bild einer Cochlea mit vorhandener auraler Schädigung	79

Abbildung 31 - altersbezogener Hörverlust	80
Abbildung 32 - charakteristische c_5 -Senke einer Lärmschwerhörigkeit.....	80
Abbildung 33 - durchschnittliche Schlafdauer untergliedert in unterschiedliche Schlafphasen in Relation zum Lebensalter.....	85
Abbildung 34 - Aufwachwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit vom Fluglärm- Maximalpegel	87
Abbildung 35 - durchschnittlicher Verlauf einer kardiovaskulären Reaktion (Herzfrequenz und periphere Durchblutung) bei Einwirkung von Schallereignissen von 62 – 80 dB.....	89
Abbildung 36 - Darstellung der körpereigenen Resonanzfrequenzen anhand eines mechanischen Modells.....	99
Abbildung 37 - Mindestanforderungen an die Hörsamkeit gemäß ÖNORM B 8115 - 3:2005 11 01.....	113
Abbildung 38 - Darstellung des durchschnittlichen Schallpegels einer Universitätsklinik in Valencia im Vergleich zu anderen Schallereignissen.....	116
Abbildung 39 - gemessener Schallpegel tagsüber in Krankenhäusern im Zeitraum 1965 – 2005	117
Abbildung 40 - gemessener Schallpegel nachts in Krankenhäusern im Zeitraum 1965 – 2005	117
Abbildung 41 - Lärmbelästigung der österreichischen Bevölkerung 2015	122
Abbildung 42 - Lärmstörungen insgesamt nach Gemeindegröße und Urbanisierungsgrad.....	123
Abbildung 43 - Belästigungswirkung von Verkehrslärm	123
Abbildung 44 - Grundriss der onkologischen Station, auf welchem zu sehen ist, wo schallabsorbierende Platten an der Decke angebracht wurden	131
Abbildung 45 - Türdämpfer Z 1000 der Firma Dictator als Beispiel für einen Türdämpfer	131
Abbildung 46 - Risk Map mit Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß	142

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Beispiele für verschiedene Schalldruckpegel	19
Tabelle 2 - Definition unterschiedlicher frequenzabhängiger Schall-Leistungen und deren Anteil an der auftreffenden Schall-Leistung	25
Tabelle 3 - Schallpegelgrenzwerte der WHO	54
Tabelle 4 - Planungsrichtwerte für gebietsbezogene Schallimmissionen gemäß ÖNORM B 8115 – 2:2006	55
Tabelle 5 - Klassifizierung des Luftschallschutzes zwischen Räumen gemäß ÖNORM B 8115 – 5:2012 04 01	57
Tabelle 6 - Klassifizierung des Trittschallschutzes gemäß ÖNORM B 8115 – 5:2012 04 01 Teil 1	57
Tabelle 7 - Klassifizierung des Trittschallschutzes gemäß ÖNORM B 8115 – 5:2012 04 01 Teil 2	58
Tabelle 8 – Schallquellen, die von medizinischem Personal, Besuchern und Patienten in drei unterschiedlichen Krankenanstalten angegeben wurden	94
Tabelle 9 - Mindest erforderliche Schalldämmung von Außenbauteilen u.a. für Krankenhäuser gemäß OIB-Richtlinie 5	105
Tabelle 10 - Anforderungen an den Luftschallschutz innerhalb von Gebäuden gemäß OIB-Richtlinie 5	106
Tabelle 11 - Anforderungen an den Luftschallschutz von Türen innerhalb von Gebäuden gemäß OIB-Richtlinie 5	106
Tabelle 12 - Anforderungen an den Trittschallschutz in Gebäuden gemäß OIB- Richtlinie 5	107
Tabelle 13 - Planungsrichtwerte für gebietsbezogene Schallimmissionen gemäß ÖNORM S 5021:2017 08 01	109
Tabelle 14 - Mindestanforderung bezüglich der Schalldämmung von Außenbauteilen gemäß ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01	110
Tabelle 15 - Mindestanforderung bezüglich der Luftschalldämmung im Gebäude gemäß ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01	111
Tabelle 16 - Mindestanforderungen bezüglich des bewerteten Schalldämm- Maßes R_w von Türen gemäß ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01 ...	112
Tabelle 17 - Mindestanforderungen bezüglich der Trittschalldämmung in Gebäuden mit Betriebsstätten gemäß ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01	112
Tabelle 18 - Mindestanforderungen bezüglich der Schalldämmung von haustechnischen Anlagen gemäß ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01	113
Tabelle 19 - Mindestanforderungen an den mittleren Schallabsorptionsgrad α_m von eingerichteten Räumen gemäß ÖNORM B 8115 - 3:2005 11 01	114

Tabelle 20 - Mindestanforderungen an den mittleren Schallabsorptionsgrad α_m in Räumen mit geringer Einrichtung gemäß ÖNORM B 8115 - 3:2005 11 01	114
Tabelle 21 - Mittelungs- und Maximalschallpegel in Patientenzimmer A - E	119
Tabelle 22 - gemittelte Schallpegelmessungen mit Angabe der Varianz (Wert in Klammern) von taiwanesischen Krankenanstalten	120
Tabelle 23 - Gemessene personalbedingte Lärmquellen auf einer Intensivstation (Maximalpegel L_{max})	125
Tabelle 24 - Gemessene gerätebedingte Lärmquellen auf einer Intensivstation (Maximalpegel L_{max})	127

Abkürzungsverzeichnis

BMASGK	Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz
etc.	et cetera
i.d.R.	in der Regel
INC	International Noise Council
ISO	Internationale Organisation für Normung
KAKuG	Krankenanstalten- und Kuranstaltengesetz
LKF	leistungsorientierte Krankenanstaltenfinanzierung
Kap.	Kapitel
MRT	Magnetresonanztomographie
o.Ä.	oder Ähnliches
OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
ÖNORM	österreichische Norm
PDCA	Plan-Do-Check-Act
u.a.	unter anderem
US EPA	U.S. Environmental Protection Agency
u.U.	unter Umständen
uvm.	und vieles mehr
v.a.	vor allem
Vgl.	Vergleich
WHO	World Health Organization
z.B.:	zum Beispiel

1 Einleitung

Bereits im §1 des österreichischen Bundesgesetzes über Krankenanstalten und Kuranstalten (KAKuG) steht geschrieben:

„(1) Unter Krankenanstalten (Heil- und Pflegeanstalten) sind Einrichtungen zu verstehen, die

- 1. zur Feststellung und Überwachung des Gesundheitszustands durch Untersuchung,*
- 2. zur Vornahme operativer Eingriffe,*
- 3. zur Vorbeugung, Besserung und Heilung von Krankheiten durch Behandlung,*
- 4. zur Entbindung,*
- 5. für Maßnahmen medizinischer Fortpflanzungshilfe oder*
- 6. zur Bereitstellung von Organen zum Zweck der Transplantation*

bestimmt sind.

(2) Ferner sind als Krankenanstalten auch Einrichtungen anzusehen, die zur ärztlichen Betreuung und besonderen Pflege von chronisch Kranken bestimmt sind.“¹

Laut dem Gabler Wirtschaftslexikon wird das Krankenhaus² als eine

„[...] Einrichtung, in der durch jederzeit verfügbare ärztliche und pflegerische Hilfeleistungen Krankheiten, Leiden oder Verletzungen durch Unfallschäden festgestellt, geheilt oder gelindert werden sollen oder Geburtshilfe geleistet wird und in der die zu versorgenden Patienten untergebracht und gepflegt werden“³

beschrieben.

Schnell ist ersichtlich, dass es sich bei Krankenhäusern um Versorgungseinrichtungen handelt, welche in ihrer Gesamtheit für die Erhaltung der Gesundheit der Bevölkerung dienen und sowohl öffentliche als auch private Interessen vertreten und in sich vereinen. Das Aufgabenspektrum ist breit gefächert und es bedarf einem Zusammenspiel vieler unterschiedlicher Prozesse, um den Anforderungen gerecht zu werden. Diese Anforderungen sind heutzutage keineswegs rein medizinischer Natur. Viel mehr

¹ <https://www.jusline.at/gesetz/kakug/paragraf/1>. Datum des Zugriffs: 11.06.2019

² In der österreichischen Gesetzgebung wird der Begriff Krankenanstalt verwendet. Dieser wird als Synonym zu Spital und Krankenhaus gesehen und auch als ein solches verwendet.

³ <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/krankenhaus-38617>. Datum des Zugriffs: 11.06.2019

unterliegen Krankenanstalten rechtlichen, wirtschaftlichen, demographischen und technischen Einflüssen, wodurch sich eine stetige Weiterentwicklung einstellt.

Von dieser Dynamik ist auch die bauliche Substanz betroffen, welche nicht nur die Rahmenbedingungen für die Kernaufgaben, wie sie im österreichischen Bundesgesetz verankert sind, schafft, sondern in vielen Fällen auch Platz und geeignete Räumlichkeiten für Forschung, Lehre und Weiterbildung bieten muss. Folglich kommt es häufig zu Aus- und Umbauten, Umstrukturierungen oder Zusammenlegungen, um die Gebäude angemessen zu modernisieren und zu adaptieren.

Krankenhäuser stellen somit mit all ihren Einflüssen und Eigenschaften ein äußerst komplexes Konstrukt dar, welches im Zuge dieser Arbeit hinsichtlich seiner Schallsituation und der Schallschutzanforderungen, -notwendigkeit bzw. -maßnahmen aufgearbeitet und erörtert wird.

1.1 Ausgangssituation

Kliniken sind Orte, an welchen ein sehr hohes Personenaufkommen herrscht. Zahlreiche stationäre, aber auch ambulante Patienten sind vor Ort, welche um Hilfe suchen und gepflegt werden müssen. Mitarbeiter unterschiedlichster Betätigungsfelder tummeln sich auf den Gängen, in Zimmern und Aufenthaltsbereichen und auch Besucher und Angehörige gehen ein bzw. aus, in der Hoffnung, die Genesung ihrer Liebsten fortschreiten zu sehen. Dazu kommt, dass heutzutage eine hohe Dichte an technischen Geräten für eine optimale Behandlungs- und Überwachungsausführung unabdingbar ist. All diese Komponenten, gepaart mit jenen Einflüssen, die auf jedes Gebäude wirken (Flug-, Verkehrs-, Eisenbahn- und Industrielärm), verursachen einen hohen Schallpegel, welcher, wie man inzwischen wissenschaftlich nachweisen konnte, für alle anwesenden Personen eine Last darstellt und diese auf Dauer negativ beeinträchtigen kann.

Zudem sind Krankenhäuser oftmals alte Bauwerke, welche mit den Jahren erweitert und ausgebaut wurden, um den wandelnden Ansprüchen der medizinischen Versorgung gerecht zu werden. Auch die Bautechnik, die Erkenntnisse aus den Bereichen der Bauphysik und die Baumaterialien haben sich weiterentwickelt und zur Veränderung des Erscheinungsbildes von Krankenanstalten ihren Teil dazu beigetragen.

Obwohl im klassischen Hochbau der Schallschutz und maximal zulässige Schallpegel eine zentrale Rolle in der Planung und der Umsetzung von Projekten spielen und diese hinsichtlich einer entsprechenden Gebäudenutzung unabdingbar sind, gibt es im Krankenhaussektor dahingehend nachweislich großen Nachholbedarf. Mehrere Studien belegen, dass welt-

weit in Krankenhäusern zu hohe Schallpegel herrschen und beispielsweise die, von der WHO⁴ geforderten, Grenzwerte derzeit bei Weitem nicht eingehalten werden können. Die Folgen für alle sich in Spitälern befindlichen Personen können weitreichend sein. Von schnellerer Ermüdung und Konzentrationsschwächen bei Mitarbeitern können sie bis hin zu verzögerten Heilungsverläufen von Patienten reichen. Auch zu dieser Thematik wurden in der Vergangenheit einige Studien durchgeführt.

Die vorliegende Arbeit ist somit in einem der wichtigsten sozialen, gesellschaftlichen und volkswirtschaftlichen Sektoren – dem Gesundheitswesen – in einer der klassischen Disziplinen der Bauphysik – dem Schallschutz – angesiedelt. Das Verständnis der Schallwirkungen auf den Körper und aller schallverursachenden Komponenten in Krankenhäusern, sowie das Erkennen und Nutzen von Verbesserungspotentialen stellen aus Sicht des Autors dieses Werks eine dringliche Notwendigkeit dar, um angemessene Rahmenbedingungen in Krankenanstalten zu schaffen und gleichzeitig gute Arbeitsverhältnisse zu gewährleisten. Die Aufbereitung dieser Problemstellungen sowie die Vorstellung möglicher Tools, sowohl technologischer als auch prozessorientierter Natur, stellt den Kern der vorliegenden Arbeit dar.

⁴ WHO = World Health Organization

1.2 Zielsetzung

Nicht alle Ziele dieser Arbeit sind von gleich hoher Relevanz, weshalb eine Gliederung in vier Kategorien vorgenommen wurde. Folgend werden die Unterteilungen aufgelistet, sowie die einzelnen Ziele jeder Untergruppe aufgezählt.

Muss-Ziele

- Darstellung der Struktur bzw. der Finanzierung der österreichischen Krankenhauslandschaft und Aufzeigen der Einflussfaktoren auf die bauliche Entwicklung von Spitälern
- Darlegung der Wirkung von Schall auf den menschlichen Körper und das Aufzeigen möglicher resultierender Krankheitsbilder und Belastungserscheinungen
- Ausführung der aktuellen Schallsituation in Krankenanstalten im Allgemeinen und Eruierung bzw. Erörterung der unterschiedlichen Schallquellen

Soll-Ziele

- Erklärung des Healing Environment Ansatzes, um die Notwendigkeit eines durchdachten Schallschutzkonzeptes in Krankenanstalten verständlich zu machen
- Aufbereitung der Grundlagen bezüglich der Reizaufnahme und der Reizweiterverarbeitung durch das menschliche Ohr, um die Kausalität zwischen Schallbelastung und Schallwirkung verständlich zu machen
- Aufzeigen der rechtlichen und normativen Rahmenbedingungen zum Thema Schallschutz in Krankenhäusern
- Auflistung möglicher Schallschutzmaßnahmen
- Wissensspeicherung und Weitergabe aller erarbeiteten und gesammelten Informationen

Kann-Ziele

- Darstellung von Randbedingungen zur Entwicklung von geeigneten Schallschutzkonzepten
- Grundlagenermittlung für zukünftige Forschungsprojekte

Nicht-Ziele

- Erstellung von Schallschutzkonzepten
- Analyse ausschließlich der österreichischen Krankenhauslandschaft hinsichtlich der vorherrschenden Schallsituation

1.3 Methodische Vorgehensweise

In der Arbeit wird versucht, ein möglichst aktuelles Bild bezüglich des Schalls in Krankenhäusern mittels einer Literaturrecherche zu erarbeiten. Ausgehend von den erhobenen Daten werden potentiell gesundheitliche Konsequenzen aufgezeigt und eine möglichst gesamtheitliche Darstellung aller Schallquellen erstellt. Abschließend wurde in der Literatur nach möglichen Verbesserungsmaßnahmen recherchiert, welche aufgelistet und bewertet wurden.

Um dem Leser dieser Arbeit ein möglichst breitgefächertes Grundwissen zu den behandelten Thematiken zu vermitteln und ein besseres Verständnis zu gewährleisten, beginnt dieses Werk zunächst mit dem Kapitel „Theoretische und konzeptionelle Grundlagen“, in welchem Begriffsdefinitionen und -beschreibungen, gefolgt von den Grundlagen des Krankenhauswesens, der Bauphysik und des menschlichen Ohrs behandelt werden.

In den Grundlagen des Krankenhauswesens wird versucht, das System Krankenhaus mit all seinen Subsystemen, Schnittstellen und Einflussfaktoren darzustellen und einen Überblick über die Strukturierung und Finanzierung der österreichischen Spitalslandschaft zu vermitteln. In den Grundlagen der Bauphysik wird der Schallschutz von der rein technischen Sichtweise diskutiert und erklärt. Die wichtigsten Parameter hinsichtlich des Luft- und des Trittschallschutzes werden aufgezeigt und die Problematiken und Hintergründe der Raumakustik erklärt.

Im dritten Kapitel wird versucht, dem Leser explizit die Wirkung von Schall auf den menschlichen Körper verständlich zu erklären. Dafür werden einerseits die Folgen für das Hörorgan selbst und andererseits die vielen unterschiedlichen systemischen Folgeerscheinungen - sowohl körperlicher als auch psychischer Natur - erörtert. Zum Abschluss dieses Kapitels wird auf die Thematiken Infra- bzw. Ultraschall aus der Umwelt eingegangen und potentielle Folgen derer, sowie der aktuelle Stand der Forschung dargelegt.

Im vierten Kapitel erfolgt die Darstellung der aktuellen Schallsituation in Krankenanstalten gemäß der verwendeten Literatur. Eingeleitet wird dieser Abschnitt der Arbeit einerseits mit den allgemeinen Anforderungen, andererseits aber auch mit den rechtlichen und normativen Rahmenbedingungen für ein Krankenhaus. Bei der anschließenden Behandlung der recherchierten Schallpegeldata von Krankenanstalten wurde versucht, jene Räumlichkeiten, die als Brennpunkte hinsichtlich zu hoher Schallpegel zu sehen sind, zu eruieren und hervorzuheben. Dieses Kapitel wird schließlich mit der Darstellung der unterschiedlichen Schallquellen abgeschlossen.

Im fünften Kapitel werden potentielle Verbesserungsmöglichkeiten den Schallschutz betreffend aufgezeigt. Dabei wird zwischen baulichen Schallschutzmaßnahmen und Maßnahmen für personalbedingten bzw. gerätebedingten Lärm unterschieden.

2 Theoretische und konzeptionelle Grundlagen

2.1 Definitionen

2.1.1 Allgemeine Begrifflichkeiten

Prozessdenken

Der Begriff „Prozess“ wird in der Literatur vielfach definiert und beschrieben, wobei die Kernaussagen stets sehr ähnlich sind. Guido Fischermann beispielsweise bezeichnet einen Prozess als Struktur, welche aus Aufgaben, Aufgabenträgern, Sachmitteln und Informationen aufgebaut ist, die durch logische Folgebeziehungen miteinander verknüpft werden. Beeinflusst wird ein Prozess durch die Dimensionen Zeit, Raum und Menge. Laut Fischermann wird ein Prozess durch ein gewisses, meist definiertes Starterereignis (Input) eröffnet und endet mit einem erwarteten Ergebnis (Output), mit welchem für den Kunden ein Wert geschaffen wird.⁵

In seinem Buch „Prozessmanagement“ beschreibt Günter Schmidt den Prozess für den Krankenhaussektor als Abfolge von Aktivitäten des Krankenhausleistungsgeschehens, die miteinander in einem logischen Zusammenhang stehen. Als Ziel dieses Ablaufs nennt er eine Leistung, welche vom Patienten ersehnt wird.⁶

Durch Winfried Zapp wird eine ähnliche Definition aufgegriffen, welche zusätzlich explizit auf den monetären Mehrwert eingeht:

„Ein Prozess ist die strukturierte Folge von Verrichtungen. Diese Verrichtungen stehen in ziel- und sinnorientierter Beziehung zueinander und sind zur Aufgabenerfüllung angelegt mit definierten Ein- und Ausgangsgrößen und monetärem oder nicht monetärem Mehrwert unter Beachtung zeitlicher Gegebenheiten.“⁷

Aus dieser Definition lassen sich folgende Charakteristika für einen Prozess herauslesen:⁸

- Strukturierte Abfolge
- Verrichtung
- Ziel- und sinnesorientierte Beziehung
- Aufgabenerfüllung

⁵ Vgl. FISCHERMANN, G.: Praxishandbuch Prozessmanagement - Das Standardwerk auf Basis des BPM Framework ibo-Prozessfenster. S. 14

⁶ Vgl. SCHMIDT, G.: Prozessmanagement: Modelle und Methoden. S. 5

⁷ ZAPP, W.; DORENKAMP, A.: Prozessgestaltung im Krankenhaus. S. 26

⁸ Vgl. ZAPP, W.; DORENKAMP, A.: Prozessgestaltung im Krankenhaus. S. 27

- Definierte Ein- und Ausgangsgrößen
- Wertzuwachs
- Zeitperiode

Der Gesamt- bzw. Hauptprozess „Gesundheitsdienstleistung am Patienten“ kann in einem prozessorientierten Modell aufgrund der in einem Krankenhaus anfallenden Arbeitsschritte, welche von der Aufnahme bis zur Entlassung in mehrere kleine Teilprozesse gegliedert werden, in Kern- und Supportprozesse aufgeteilt werden.

Kernprozesse zielen darauf ab, einen ersichtlichen Kundennutzen zu erzeugen. Umgelegt auf Krankenanstalten bedeutet das, eine Gesundheitsverbesserung, bzw. ein verbessertes Wohlbefinden des Patienten zu stiften. Supportprozesse haben gegenüber dem Kernprozess einen unterstützenden und entlastenden Charakter (z.B.: Transportdienst, Speisensversorgung etc.).

Im Zusammenhang mit Prozessen entsteht sehr leicht der Eindruck, dass der Verlauf eines Prozesses immer klar definiert, vorhersehbar und als Modell darstellbar ist. Allerdings kann nicht jeder Prozess exakt geplant werden, was vor allem im Krankenhaus gut ersichtlich wird.

Der Genesungsprozess ist ob der Individualität der Patienten sehr unterschiedlich und deshalb nicht vorhersehbar. Ein logischer Schluss daraus wäre also, dass es keinen „Standardpatienten“ gibt und deswegen auch keine standardisierte Prozessmodellierung sinnvoll wäre. Dies ist allerdings keine korrekte Ansicht, denn nur, weil Aufgaben nicht immer gleich strukturiert ablaufen und die Erstellung eines Modells schwierig ist, handelt es sich doch noch um einen Prozess. Um eine Modellierung in diesen Fällen zu erleichtern, unterscheidet Guido Fischermann zwischen drei Prozesstypen:⁹

- Routineprozesse
- Regelprozesse
- Ad-hoc Prozesse

Routineprozess

Hat ein Ablauf das Charakteristikum, dass seine Aufgabenerledigung bestimmt und beständig ist, so wird dieser Prozess als Routineprozess bezeichnet. Durch ein hohes Maß an Standardisierung wird versucht, die Komplexität einzudämmen, ein maximaler Automatisierungsgrad reduziert die von Menschen ausgeführten Tätigkeiten.¹⁰ Somit kann ein klassischer

⁹ Vgl. FISCHERMANN, G.: Praxishandbuch Prozessmanagement - Das Standardwerk auf Basis des BPM Framework ibo-Prozessfenster. S. 21

¹⁰ Vgl. FISCHERMANN, G.: Praxishandbuch Prozessmanagement - Das Standardwerk auf Basis des BPM Framework ibo-Prozessfenster. S. 22

Massenfertigungsprozess als Routineprozess bezeichnet werden (z.B.: Fließbandarbeit, standardisierte Gehaltsabrechnung).

Ad-hoc Prozess

Ist bei einem Ablauf die zeitlich-logische Aufgabenabfolge nicht voraussehbar und nicht kalkulierbar, so wird dieser Prozess Ad-hoc Prozess genannt.¹¹ Haupteigenschaften dieses Prozesstyps sind seine situative Flexibilität und Dynamik. Wird auf den ersten Blick vermutet, dass Ad-hoc Prozesse vor allem durch überraschende Wendungen und Zufälle geprägt werden, kann man in der Regel doch einen sich wiederholenden, groben Ablauf erkennen. Aus diesem Grund ist es nützlich, derartige Prozesse, ähnlich einem Projekt, mittels Meilensteinen zu planen, um ein schematisches Gerüst zu gestalten.

Des Weiteren handelt es sich bei diesen Prozessen meist um sehr komplexe, welche aufgrund ihrer geringen Automatisierbarkeit mit hohem Personaleinsatz Hand in Hand gehen. Es wird gut ausgebildetes, erfahrenes und hoch qualifiziertes Personal benötigt, um diese Abläufe bearbeiten zu können.¹²

Versucht man ein Beispiel für einen Ad-hoc Prozess aufzuzeigen, stellt man fest, dass der Behandlungsprozess eines Patienten in einer Krankenanstalt viele dieser Eigenschaften mit sich bringt.

Regelprozess

Neben dem klar definierten Routineprozess und dem flexiblen Ad-hoc Prozess, existieren auch Mischformen bzw. Übergangsbereiche bezüglich der Prozesstypen. Diese Prozesse werden Regelprozesse genannt. Sie sind Abläufe, welche durch mehrere Gesetzmäßigkeiten hinsichtlich ihrer Aufgabenerledigungen und ihrer Mengen- und Zeitgerüste größtenteils vorhergesagt und geplant werden können. Entscheidend dafür ist meist der Faktor Erfahrung, um angemessene Toleranzwerte zu erhalten und mit ihnen kalkulieren zu können. Schlussendlich müssen diese Prozesse aber auch ein Mindestmaß an Flexibilität aufweisen, um beispielsweise Innovationen zuzulassen, ohne dass die gesamte Prozessstruktur aufgebrochen und umgestaltet werden muss.¹³

¹¹ Vgl. FISCHERMANN, G.: Praxishandbuch Prozessmanagement - Das Standardwerk auf Basis des BPM Framework ibo-Prozessfenster. S. 22

¹² Vgl. FISCHERMANN, G.: Praxishandbuch Prozessmanagement - Das Standardwerk auf Basis des BPM Framework ibo-Prozessfenster. S. 22

¹³ Vgl. FISCHERMANN, G.: Praxishandbuch Prozessmanagement - Das Standardwerk auf Basis des BPM Framework ibo-Prozessfenster. S. 23

In der nachstehenden Abbildung 1 werden die soeben beschriebenen Prozessstypen hinsichtlich ihrer Charakteristika zusammengefasst:

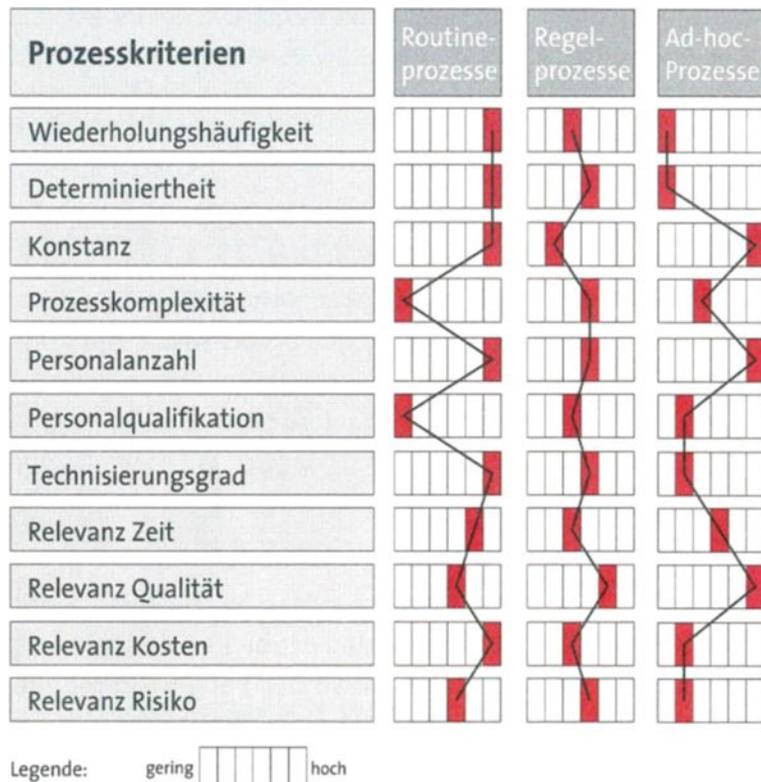


Abbildung 1 - Charakteristika von Routine-, Ad-hoc- und Regelprozessen¹⁴

Schnittstellen

Übergänge zwischen unterschiedlichen Prozessschritten bzw. Elementen eines Systems werden als Schnittstellen bezeichnet. Sie ergeben sich dann, wenn komplexe Aufgaben in einem System oder einem Prozess in Teilaufgaben zerlegt und auf Grund von Ähnlichkeiten weitestgehend autonomen organisatorischen Einheiten zugeordnet werden.¹⁵

Das Organisationsgebilde des Krankenhauses als Teilsystem des Gesundheitswesens setzt sich aus teils sehr heterogenen Subsystemen zusammen, welche sich durch einen hohen Grad an Spezialisierung auszeichnen. Die vielen unvermeidbaren Schnittstellen, die durch bewusste und auch notwendige Arbeitsteilung entstanden sind, bedeuten meist eine Unterbrechung der Behandlung und der Versorgung des Patienten. Ersichtlich ist dies beispielsweise an Transport- und Wartezeiten, aber auch am Koordinierungsbedarf und -aufwand der verschiedenen Abteilungen.

¹⁴ FISCHERMANN, G.: Praxishandbuch Prozessmanagement - Das Standardwerk auf Basis des BPM Framework ibo-Prozessfenster. S. 24

¹⁵ Vgl. <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/schnittstellenmanagement/schnittstellenmanagement.htm>. Datum des Zugriffs: 23.06.2019

Schnittstellen haben großen Einfluss auf die Faktoren Zeit, Kosten und Qualität, in deren Bereichen auch Probleme durch beispielsweise unkoordinierte Zusammenarbeit oder Informationsverluste entstehen können.

Um eine langfristige Wettbewerbsfähigkeit und eine stetige Prozessverbesserung zu sichern, wird in modernen Managementtheorien die Kundenzufriedenheit in das Zentrum der Betrachtung gestellt. Auf Krankenhäuser bezogen steht somit der Patient im Mittelpunkt der Prozesse und es wird der Fokus auf die wertschöpfenden Aktivitäten und deren Schnittstellen gelegt. Unter wertschöpfenden Aktivitäten werden alle Maßnahmen verstanden, die für eine erfolgreiche Kundentransaktion ausgeführt werden müssen.¹⁶ Ein Synonym dafür ist der Begriff der Performance eines Prozesses.

Performance, Effektivität, Effizienz und Qualität

Die Performance wird durch die Parameter Qualität, Zeit und Kosten bestimmt und kann mithilfe des Begriffspaares Effektivität und Effizienz beschrieben werden.

Die Effektivität ist ein

„[...] Beurteilungskriterium, mit dem sich beschreiben lässt, ob eine Maßnahme geeignet ist, ein vorgegebenes Ziel zu erreichen. Über die Art und Weise der Zielerreichung werden bei der Betrachtung unter Effektivitätsgesichtspunkten keine Aussagen getroffen.“¹⁷

Überträgt man den Effektivitätsbegriff auf das Gesundheitswesen, wird eine Maßnahme ausschließlich danach bewertet, ob eine Heilung oder ein verbessertes Wohlempfinden des Patienten durch diese erreicht wurde.

Unter Effizienz versteht man ein

„[...] Beurteilungskriterium, mit dem sich beschreiben lässt, ob eine Maßnahme geeignet ist, ein vorgegebenes Ziel in einer bestimmten Art und Weise (z.B. unter Wahrung der Wirtschaftlichkeit) zu erreichen.“¹⁸

Sie bezeichnet somit das Verhältnis aus Input zu Output in einem Prozess bzw. Prozessschritt.

Um die beiden Begriffe Effektivität und Effizienz in einen medizinischen Kontext überzuführen, können diese mit medizinischem Erfolg und Wirtschaftlichkeit beschrieben werden, da diese die zwei grundlegenden Anforderungen an eine Krankenanstalt und seine Führungsstrukturen darstellen.

¹⁶ Vgl. ZAPP, W.; DORENKAMP, A.: Prozessgestaltung im Krankenhaus. S. 36

¹⁷ <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/effektivitaet-33138>. Datum des Zugriffs: 23.06.2019

¹⁸ <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/effizienz-35160>. Datum des Zugriffs: 23.06.2019

Die beiden Performancemerkmale können in der Tat auch in Konkurrenz zueinander agieren. Es ergibt sich aus einem logischen Denkansatz, dass der wirtschaftlich beste Behandlungsprozess nicht immer der aus medizinischer Sicht wirksamste ist.

Daraus folgt, dass der Behandlungsprozess im Krankenhaus stets unter einem ethischen Konflikt abläuft und es stellt sich die Frage, ob es den unmittelbar betroffenen Akteuren (Patienten und Personal) zuzumuten ist, den Interessenskonflikt zwischen Wirtschaftlichkeit und Versorgungsqualität selbstständig zu lösen.

Eine Möglichkeit, um einen optimalen Konsens der beiden Betrachtungsansätze finden zu können, liefert der Qualitätsbegriff. Dazu werden sowohl die medizinischen als auch kaufmännischen Aspekte der unterschiedlichen Interessensfelder zueinander geführt, mit dem Ziel, einen optimalen, aber auch bezahlbaren Prozessablauf zu ermöglichen.¹⁹

Qualitätsmanagement

Das Qualitätsmanagement beschreibt die Gesamtheit der qualitätsbezogenen Tätigkeiten und Zielsetzungen. Es betrifft die Beschaffenheitsgestaltung von einem Produkt, einem Prozess etc. und zielt darauf ab, dass Forderungen bezüglich der Qualität an die Beschaffenheit erfüllt werden.²⁰

Das Qualitätsmanagement ist ein kontinuierlicher Prozess und besteht aus vier Teilbereichen, deren Bestand von großer Wichtigkeit ist, um eine Qualitätsverbesserung zu erzielen:²¹

- Qualitätsplanung - **Plan**
- Qualitätslenkung - **Do**
- Qualitätsprüfung - **Check**
- Qualitätsverbesserung - **Act**

Dabei handelt es sich um den PDCA-Zyklus, eine Vorgehensweise, die zur Problemlösung jeglicher Art dient.²²

¹⁹ Vgl. DEUTSCHER ETHIKRAT: Patientenwohl als ethischer Maßstab für das Krankenhaus. <https://www.ethikrat.org/fileadmin/Publikationen/Stellungnahmen/deutsch/stellungnahme-patientenwohl-als-ethischer-massstab-fuer-das-krankenhaus.pdf>. Datum des Zugriffs: 23.Juni.2019

²⁰ Vgl. GEIGER, W.; KOTTE, W.: Handbuch Qualität, Grundlagen und Elemente des Qualitätsmanagements: Systeme — Perspektiven . S. 3

²¹ Vgl. GEIGER, W.; KOTTE, W.: Handbuch Qualität, Grundlagen und Elemente des Qualitätsmanagements: Systeme — Perspektiven . S. 4f

²² Vgl. SCHMITT, R.; PFEIFER, T.: Qualitätsmanagement, Strategien - Methoden Techniken. S. 81

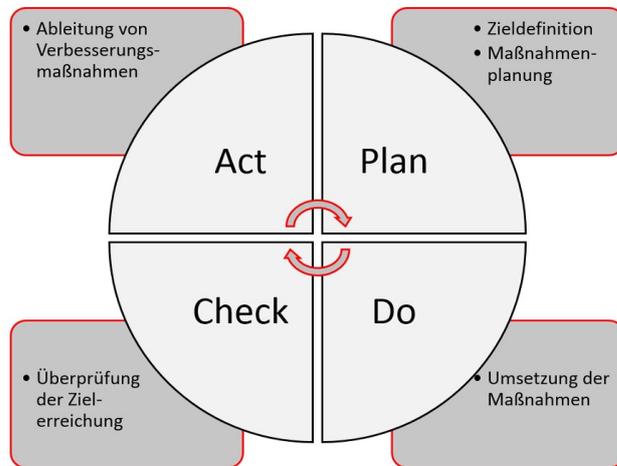


Abbildung 2 - PDCA-Zyklus²³

Risiko und Chance

Ein Risiko beschreibt die

„[...] Kennzeichnung der Eventualität, dass mit einer (ggf. niedrigen, ggf. auch unbekannt) Wahrscheinlichkeit ein (ggf. hoher, ggf. in seinem Ausmaß unbekannter) Schaden bei einer (wirtschaftlichen) Entscheidung eintritt oder ein erwarteter Vorteil ausbleiben kann.“²⁴

Mit dieser Definition wird der Risikobegriff im Gabler Wirtschaftslexikon beschrieben. In anderen Worten bedeutet dies: Ein Risiko beschreibt die

„[...] Auswirkung von Unsicherheit auf Ziele“²⁵.

Eine einfach anmutende, das Risiko definierende Gleichung wäre:

$$\text{Risiko} = \text{Eintrittswahrscheinlichkeit} \times \text{Konsequenz}$$

Formel 1 - Risiko²⁶

Risiken sind Bestandteil unternehmerischer Tätigkeiten oder Prozesse und charakterisieren Ereignisse oder Entwicklungen, die von einem Unternehmen bzw. Prozess selbst oder von außen auf ein Unternehmen bzw. einen Prozess wirken können.²⁷

Interessanterweise wird dem Risikobegriff umgangssprachlich vorwiegend ein negativer Charakter zugesprochen. Allerdings ist es durchaus

²³ <http://www.blog.loesungsfabrik.de/pdca-zyklus-am-beispiel-eines-wg-putzplans/>. Datum des Zugriffs: 18.12.2019

²⁴ <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/risiko-44896>. Datum des Zugriffs: 18.12.2019

²⁵ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMANAGEMENT: ÖNORM ISO 31000: 2018 09 01: Risikomanagement - Leitlinien (ISO 31000:2018), S. 6

²⁶ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 23

²⁷ Vgl. GRAEBE- ADELSSSEN, J. S.: Risk Management - die Sicht von außen. In: Risk Management im Krankenhaus: Risiken begrenzen und Kosten steuern. S. 19

möglich, dass sich eine Unsicherheit auf Ziele dahingehend auswirkt, dass diese schneller erreicht werden. Somit sind die Begriffe Risiko und Chance eng miteinander verbunden, eine klare Trennung ist kaum möglich.²⁸

Risikomanagement und Chancenmanagement

Risikomanagement beschreibt

„[...] Koordinierte Aktivitäten zur Lenkung und Steuerung einer Organisation in Bezug auf Risiken“²⁹.

Zweck des Risikomanagements ist es, Werte zu schaffen und zu schützen, Leistung zu verbessern, Innovation zu fördern und das Erreichen von Zielen zu bekräftigen. Ähnlich den Begriffen Risiko und Chance, kann auch das Risikomanagement gleichzeitig als Chancenmanagement gesehen werden.³⁰ Gemäß der ÖNORM gibt es acht Grundsätze, welche die Grundlage für jedes erfolgreiche (Chancen-) Risikomanagement darstellen:³¹

1. **Integriert:** Das Risikomanagement ist Bestandteil aller Aktivitäten und Prozesse, die in einer Organisation ablaufen.
2. **Strukturiert und umfassend:** Das Risikomanagement sollte stets strukturiert und umfassend erfolgen, um zuverlässige und komparable Ergebnisse zu erhalten.
3. **Maßgeschneidert:** Das Risikomanagement muss stets individuell an die jeweilige Organisationsstruktur und die entsprechende Zielsetzung angepasst und modifiziert werden.
4. **Einbeziehend:** Stakeholder³² sollten in angemessener Art und Weise rechtzeitig miteinbezogen werden. Ihre Wahrnehmung, Ansichten und Kenntnisse führen zu einem effektiven und effizienten Risikomanagement.
5. **Dynamisch:** Ein erfolgreiches Risikomanagement muss die Dynamik von Risiken rechtzeitig vorhersehen, erkennen, bestätigen und behandeln.
6. **Beste verfügbare Information:** Der gesamte Input in das Risikomanagement basiert auf historischen und aktuellen Informationen, sowie zukünftigen Erwartungen. Außerdem werden alle Einschränkungen und Unsicherheiten, die mit der relevanten Informa-

²⁸ Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 24

²⁹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM ISO 31000: 2018 09 01: Risikomanagement - Leitlinien (ISO 31000:2018). S. 6

³⁰ Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 109f

³¹ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM ISO 31000: 2018 09 01: Risikomanagement - Leitlinien (ISO 31000:2018). S. 7ff

³² Stakeholder: Eine Person, für die es aufgrund ihrer Interessenslage von Bedeutung ist, wie sich ein bestimmtes Unternehmen verhält (z.B.: Aktionär, Mitarbeiter, Kunde, Lieferant) (Quelle: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Stakeholder>. Datum des Zugriffs: 18.12.2019)

tion in Verbindung stehen, berücksichtigt. Die Informationen sollten rechtzeitig, verständlich und allen wichtigen Stakeholdern zur Verfügung stehen.

7. **Menschliche und kulturelle Faktoren:** Alle Aspekte des Risikomanagements werden in jeglichen Ebenen und in jeder Phase vom menschlichen Verhalten und von kulturellen Faktoren beeinflusst.
8. **Fortlaufende Verbesserung:** Das Risikomanagement ist ein dynamischer Prozess, welcher durch Lernprozesse und Erfahrungen stetig verbessert wird.

2.1.2 Begrifflichkeiten im Krankenhausbau

Personen-Umwelt-Kongruenz

Eine geschaffene Umwelt kann anhand der Anforderungen durch den Nutzer hinsichtlich ihrer Qualität mittels der „Personen-Umwelt-Kongruenz“ bewertet werden. Dafür wird die Beurteilung auf folgenden Ebenen durchgeführt:³³

- **Stimulation:** Die Stimulation der Reize durch die Umwelt beeinflusst entsprechend ihrer Art und Intensität die Stressempfindung der Nutzer. In weiterer Folge ist auch das Wohlbefinden davon abhängig.
- **Gestaltungsanpassung und Lesbarkeit:** Eine erschaffene Umwelt soll in ihrer Begreifbarkeit eindeutig sein, um Orte und Räume entsprechend ihrer Funktionen identifizieren und zuordnen zu können.
- **Kontrolle:** Dem Nutzer soll es möglich sein, seine Umwelt je nach Bedürfnis, sowohl sozial als auch physikalisch anzupassen.
- **Erholungsqualitäten:** Eine erschaffene Umwelt soll gegenüber dem Nutzer energieschonende und ressourcenaktivierende Eigenschaften haben.

³³ Vgl. EVANS, G. W.; MCCCY, J. M.: When buildings don't work: The role of architecture in human health. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.4.5633&rep=rep1&type=pdf>. Datum des Zugriffs: 07.August.2019

2.1.3 Bauphysikalische Begrifflichkeiten

Definition Behaglichkeit

Eines der grundlegendsten Themen dieser Diplomarbeit stellt die Behaglichkeit dar. Folgend wird dieser Begriff näher erklärt.

Die Behaglichkeit ist ein schwer erfassbarer, subjektiv wahrgenommener Parameter, der den seelischen und körperlichen Zustand des Wohlbefindens beschreibt. Als Synonyme können die Begriffe „Wohlfühlen“, und auf die Wohnumgebung übertragen „Wohnkomfort“ oder „Wohnqualität“ gesehen werden.³⁴

Das Behaglichkeitsempfinden wird von vielen unterschiedlichen, teils auch sehr subjektiven und persönlichen (z.B.: psychische Verfassung, Erwartungen, etc.) Faktoren beeinflusst. In einem Raum sind das unter anderem:³⁵

- Körperliche Betätigung und körperliche Konstitution
- Raumlufttemperatur und Luftbewegung
- Raumluftfeuchtigkeit
- Qualität der Raumluft
- Schallpegel im Raum
- Fußboden- und Bauteiloberflächentemperatur von Wänden und Decken

Schallschwingung

„Allgemein versteht man unter dem Begriff des Schalls die mechanische Schwingung eines elastischen Mediums, das sich in einem beliebigen Aggregatzustand (fest, flüssig, gasförmig) befinden kann. Eine mechanische Schwingung wiederum ist definiert als eine zeitlich periodische Zustandsänderung, die auftritt, wenn bei der Störung des mechanischen Gleichgewichtes Kräfte wirksam werden, die dieses Gleichgewicht wiederherzustellen versuchen.“³⁶

Die Schallschnelle v gibt in m/s an, mit welcher Geschwindigkeit sich die Teilchen des elastischen Mediums um ihren Ruhepunkt bewegen. Die Schallgeschwindigkeit c gibt in m/s an, wie schnell sich die Teilchenschwingung in einem Medium ausbreitet. Sie ist in den verschiedenen Medien unterschiedlich hoch.³⁷

³⁴ Vgl. ROHREGGER, G. et al.: Behagliche Nachhaltigkeit S. 101

³⁵ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 3

³⁶ WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 231

³⁷ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 91

Ton, Klang, Geräusch

Ein reiner Ton entsteht, wenn nur eine einzige Frequenz vorliegt. Diese Situation ist in der Natur allerdings selten vorzufinden, da meist mehrere Frequenzen (also mehrere Töne) überlagert werden. Das Ergebnis ist ein Klang. Wird eine Vielzahl an Tönen überlagert, sodass ein mehr oder weniger kontinuierliches Frequenzspektrum vorliegt, so spricht man von einem Geräusch. Das Frequenzspektrum kann in Oktaven oder Terzen untergliedert werden, welche durch eine Mittenfrequenz f_m und die obere bzw. untere Eckfrequenz f_o und f_u beschrieben werden.³⁸

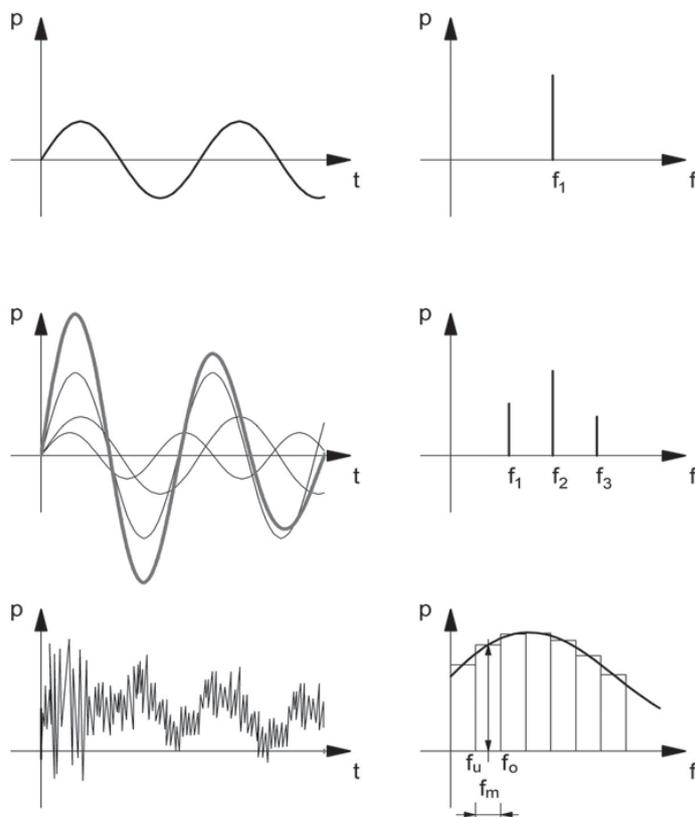


Abbildung 3 - Darstellung von Ton (oben), Klang (mitte) und Geräusch (unten) mit dem jeweiligen Frequenzband³⁹

Frequenz und Wellenlänge

Durch die Frequenz f eines Tons wird die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde in Hertz [Hz] angegeben. Sie errechnet sich aus dem Kehrwert der Periode T , welche in Sekunden [s] angibt, wie lange es dauert, bis eine

³⁸ Vgl. WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 232f

³⁹ WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 1. S. 7.10

vollständige Schwingung beendet ist (Abstand von z.B.: zwei benachbarten Nulldurchgängen).⁴⁰ Die dazugehörige Längenangabe liefert die Wellenlänge λ [m]. In Bezug auf den Schallschutz gilt der Grundsatz, je länger die Wellenlänge λ ist, desto herausfordernder stellt sich die Schalldämmung in diesem Frequenzbereich dar.⁴¹

Frequenzspektrum

Das junge menschliche Ohr nimmt Schall im Bereich von 16 bis 20.000 Hz wahr. Liegt die Schallfrequenz darunter, spricht man von Infraschall, liegt sie darüber, handelt es sich um Ultraschall.⁴²

Der für die Bauakustik relevante Bereich liegt zwischen den Terzbandmittelfrequenzen von 50 und 5000 Hz, jener für die Raumakustik zwischen den Oktavbandmittelfrequenzen von 63 bis 8000 Hz.⁴³

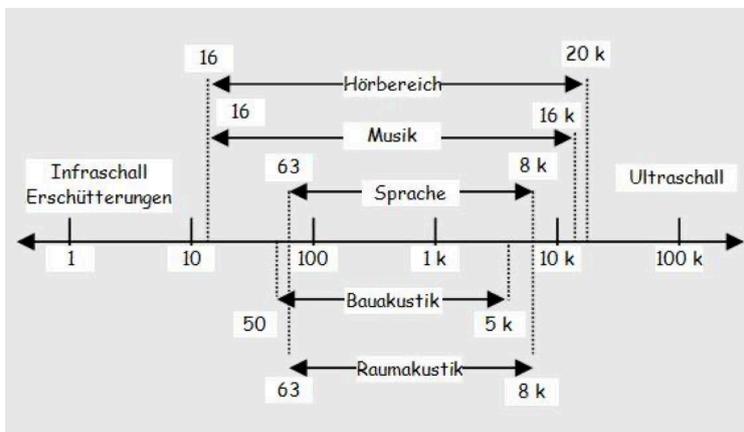


Abbildung 4 - Darstellung unterschiedlicher Frequenzspektren [Hz]⁴⁴

Schalldruckpegel

Der Schalldruck p beschreibt die Amplitude einer Schallschwingung und wird in Pascal [Pa] angegeben. Somit gibt er den durch eine Schallschwingung hervorgerufenen Wechseldruck, der dem statischen Druck überlagert ist, an. Der effektive Schalldruck p_{eff} wird als der quadratische Mittelwert des Schallwechseldrucks definiert.⁴⁵

⁴⁰ Vgl. WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 1. S. 7.9

⁴¹ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 91

⁴² Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 90

⁴³ Vgl. DIREKTION UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT: Schallschutz im Wohnbau S. 2

⁴⁴ Vgl. DIREKTION UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT: Schallschutz im Wohnbau S. 2

⁴⁵ Vgl. WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 231

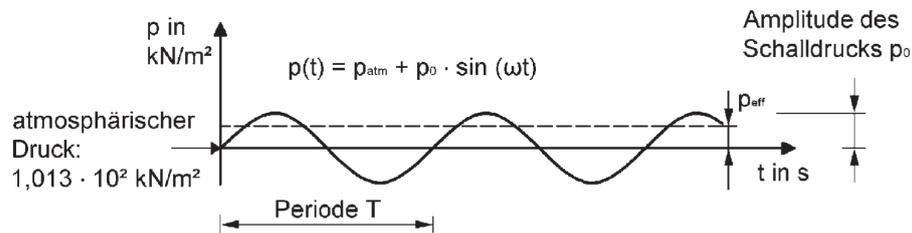


Abbildung 5 - zeitabhängige Darstellung von Schalldruck als Überlagerung von atmosphärischem Druck⁴⁶

Schalldruckpegel, die vom menschlichen Ohr wahrgenommen werden können, umfassen in etwa fünf Zehnerpotenzen. Aus diesem Grund bedient man sich bei der Angabe eines Schalldruckpegels L_p der Einheit Dezibel [dB], welche eine logarithmische Darstellung des tatsächlichen Schalldrucks in Relation zu einem international festgelegten Bezugsschalldruck p_0 (Hörschwelle) darstellt.^{47, 48} Der Schalldruckpegel L_p errechnet sich wie folgt:

$$L_p = 10 \times \log\left(\frac{p^2}{p_0^2}\right) = 20 \times \log\left(\frac{p}{p_0}\right)$$

Formel 2 - Schalldruckpegel⁴⁹

Mit:

$$p_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ [Pa]}$$

Formel 3 - Bezugsschalldruck⁵⁰

⁴⁶ WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 231

⁴⁷ Vgl. POHL, R. O.; LÜDERS, K.: Pohls Einführung in die Physik - Band 1: Mechanik, Akustik und Wärmelehre. S. 359

⁴⁸ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 92

⁴⁹ PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 92

⁵⁰ PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 92

Zur Veranschaulichung dieser Skala werden nachfolgend einige Beispiele unterschiedlicher Schalldruckpegel angeführt, welche im Bereich zwischen der Hörschwelle (0 dB) und der Schmerzgrenze (120 dB) liegen:

Tabelle 1 - Beispiele für verschiedene Schalldruckpegel⁵¹

	Schalldruck- pegel L_p [dB]	Geräusch
1	0	unhörbar (Hörschwelle)
2	10	Schneefall
3	20	leichter Wind, Ticken einer Taschenuhr
4	30	Flüstern
5	40	Kühlschrank
6	50	ruhiger Bach oder Fluss, leises Gespräch
7	60	normales Gespräch
8	70	lautes Gespräch, Rasenmäher in 7m Entfernung
9	80	laute Radiomusik, starker Straßenverkehr
10	90	Presslufthammer in 1 m, schwerer Lkw in 5 m Entfernung
11	100	Diskotheek (innen)
12	110	Propellerflugzeug in 7 m Entfernung
13	120	Verkehrsflugzeug 7 m Entfernung, Schmerzgrenze

Energieäquivalenter Dauerschallpegel L_{eq}

Der energieäquivalente Dauerschallpegel L_{eq} ist ein Ersatzschallpegel, der zur Beschreibung eines Schallereignisses mit schwankenden Schallpegeln dient. Er bezeichnet jenen Schallpegel, der bei andauernder Einwirkung dem Lärm mit schwankendem Pegel energieäquivalent ist, sprich, die gleiche Schallenergie auf das menschliche Ohr bringen würde. Geräuschkombinationen können vor allem dann repräsentativ miteinander verglichen werden, wenn sie eine ähnliche Charakteristik aufweisen.⁵²

Eine weitere wichtige Größe, welche bei der Beschreibung einer Schallsituation von großer Wichtigkeit ist, stellt der Basisschallpegel dar.

⁵¹ Vgl. <https://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/laerm/schalldruckpegel>. Datum des Zugriffs: 05.09.2019

⁵² Vgl. <http://www.laerminfo.at/ueberlaerm/grundlagen/dauerschallpegel.html>. Datum des Zugriffs: 10.09.2019

Basisschallpegel $L_{A,95}$

Der Basisschallpegel $L_{A,95}$ beschreibt jenen A-bewerteten Schalldruckpegel, der zu 95% während des Messzeitraums überschritten wird.⁵³

Lautstärkeempfinden und Einfluss der Frequenz

Die tatsächliche Empfindung der Lautstärke ist grundsätzlich subjektiv geprägt und stark von der Frequenz des Schalls abhängig. Bei konstantem Schalldruckpegel werden Töne tiefer Frequenzen leiser wahrgenommen als höhere Töne. Der subjektiv empfundene Lautstärkepegel L_N , welcher in Phon angegeben wird, entspricht nur bei einer Frequenz von 1000 Hz dem objektiv messbaren Schalldruckpegel L_p . Um die unterschiedliche Empfindung des menschlichen Ohrs bei Messungen von Geräuschen zu berücksichtigen, werden die Schalldrücke je nach Frequenzbereich unterschiedlich bewertet und über ein ΔL angepasst. Es gab ursprünglich vier Bewertungskurven, um die empfundene Lautstärke zu simulieren:⁵⁴

- A-Bewertung → für niedrige Schallpegel mit $L_N = 40$ phon
- B-Bewertung → für mittlere Schallpegel mit $L_N = 80$ phon
- C-Bewertung → für hohe Schallpegel mit $L_N = 100$ phon

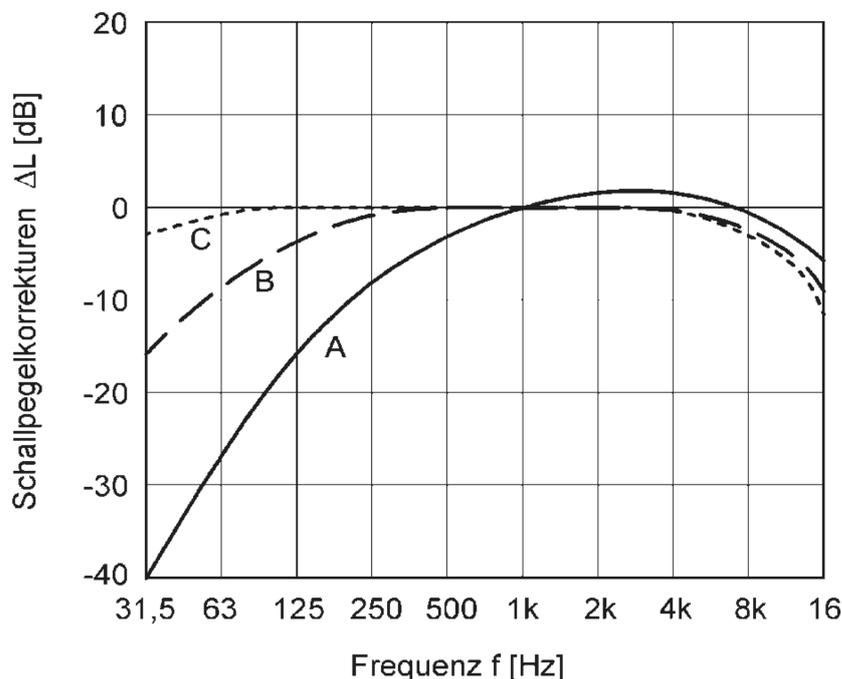


Abbildung 6 - Schalldruckpegelkorrekturkurven A, B und C⁵⁵

⁵³ Vgl. <http://www.laerminfo.at/ueberlaerm/grundlagen/dauerschallpegel.html>. Datum des Zugriffs: 10.09.2019

⁵⁴ Vgl. WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 7.18f

⁵⁵ WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 7.19

Lärm

Lärm kann auf verschiedenste Art und Weise empfunden werden und beeinträchtigt Menschen sehr unterschiedlich. Das hat einerseits mit der Distanz der betroffenen Person zur Lärmquelle zu tun, andererseits aber auch damit, dass Geräusche von jedem Individuum andersartig empfunden werden. Oftmals wird in Bezug auf Lärm auch von einem Lärmpegel gesprochen, jedoch kann kein tatsächlicher Pegel gemessen werden, wie das beispielsweise beim Schall möglich ist. Dem Lärmbegriff können eine Vielzahl an Definitionen zugeschrieben werden.⁵⁶ Nachfolgend werden nur wenige ausgewählte angeführt:

- Lärm ist unerwünschter, störender und/oder gesundheitsschädlicher Schall.⁵⁷
- Lärm ist Schall, der von den Menschen, auf welche er wirkt, unerwünscht ist und Störungen in vielen unterschiedlichen Bereichen bewirken kann, welche physischer, psychischer, sozialer und ökonomischer Natur sein können.⁵⁸
- Lärm ist keine Pegelgröße, aber eine Reaktion auf einen Schalleintrag.⁵⁹
- Lärm ist ein Geräusch, welches durch seine Lautstärke und Struktur für einen Menschen und die Umwelt gesundheitsschädigend oder störend wirkt. Dabei hängt es von der Stimmung, der Verfassung und den Vorlieben des betroffenen Menschen ab, ob ein Geräusch als Lärm empfunden wird.⁶⁰
- Lärm ist ein für den Menschen unerwünschter und störender Schall.⁶¹

So vielfältig die Definitionen auch sein mögen, so haben sie dennoch mehrere Überschneidungen: Lärm kann nicht als Pegelgröße angegeben werden, sondern ist ein psychophysikalischer Begriff, welcher die Reaktion von einer Person auf einen oder mehrere Schalleinträge beschreibt, die durch mannigfaltige Faktoren beeinflusst wird. In diesem Fall sind Geräusche, denen eine Lärm-Charakteristik zugesprochen wird, unerwünscht, störend und oftmals laut, was aber nicht gezwungenermaßen der Fall sein

⁵⁶ Vgl. SCHULTE-FORTKAMP, B.: Lärm bzw. Schallwirkung auf den Menschen und die Notwendigkeit des Schallschutzes in Gebäuden. In: Bauphysik Kalender 2014, 2014. S. 5

⁵⁷ Vgl. DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG: DIN 1320:2009 - 12: Akustik - Begriffe. S. 1ff

⁵⁸ Vgl. GUSKI, R.: Fluglärmwirkungen – auch eine Sache des Vertrauens. In: Daka 98. S. 28f

⁵⁹ Vgl. SCHULTE-FORTKAMP, B.: Gesundheitliche Folgen von Schall. In: Effekte der Physik und ihre Anwendungen. S. 948ff

⁶⁰ Vgl. SCHULTE-FORTKAMP, B.: Lärm bzw. Schallwirkung auf den Menschen und die Notwendigkeit des Schallschutzes in Gebäuden. In: Bauphysik Kalender 2014, 2014. S. 5

⁶¹ Vgl. <https://www.gesundheit.gv.at/leben/umwelt/laerm/was-ist-das>. Datum des Zugriffs: 9.09.2019

muss. Lärm muss demnach nicht nur auf seine Quelle und seine Charakteristik untersucht werden, sondern auch auf den Kontext, in welchem er auftritt.⁶²

Fortpflanzung von Schall und Druckwelle

Wird ein fester Körper zu einer Schwingung angeregt, so wird diese auf die den Körper umgebenden Luftmoleküle übertragen. Die Moleküle ihrerseits bringen weitere angrenzenden Moleküle in Schwingung, es entsteht eine Kettenreaktion. Die Folge dieses Prozesses ist, dass eine Luftteilchenverdichtung und -verdünnung auftritt, welche sich wellenartig ausbreitet. Diese Form der Ausbreitung wird Druckwelle genannt. Voraussetzung für das Ausbreiten einer Schallwelle ist das Vorliegen einer Materie, im Vakuum kann kein Schall weitergeleitet werden. Je nachdem welches Medium vorliegt, kann zwischen Luftschall (in Gasen), Wasserschall (in Flüssigkeiten) und Körperschall (in festen Körpern) unterschieden werden.⁶³

Schallausbreitung von Luftschall

Die Schallausbreitung von Luftschall erfolgt bei allseitig gleichen Ausbreitungsbedingungen strahlenförmig in alle Raumrichtungen ungefähr gleichförmig, solange sie nicht durch Reflexionen oder Absorptionen⁶⁴ gestört wird. Die Abnahme der Schallintensität mit zunehmendem Abstand zur Schallquelle basiert v.a. auf einer geometrische Ausbreitungsdämpfung, sprich, auf einer Verteilung der Schallenergie auf eine größere Fläche (Divergenz) und ist grundsätzlich frequenzunabhängig. Weitere Verluste entstehen u.a. durch Luftreibung (durch Dissipation⁶⁵), Bebauung, Bewuchs und andere Hindernisse. Durch Reflexionen oder Witterungsbedingungen (Temperatur, Wind) kann die Schallintensität sowohl abnehmen als auch zunehmen.⁶⁶

Punktschallquelle

Um eine punktförmige Schallquelle breitet sich der Schall, sofern ideale Randbedingungen herrschen (keine Reflexion, keine Absorption, keine Abschirmung, etc.), in konzentrischen Kugelschalen aus. Bei einer Verdopplung des Abstands zur Schallquelle kann von einer Verringerung des Schallpegels um 6 dB ausgegangen werden.

⁶² Vgl. SCHULTE-FORTKAMP, B.: Lärm bzw. Schallwirkung auf den Menschen und die Notwendigkeit des Schallschutzes in Gebäuden. In: Bauphysik Kalender 2014, 2014. S. 5

⁶³ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 90

⁶⁴ Schallabsorption = jegliche Schwächung der Schallenergie beim Durchgang durch ein Medium (Quelle: <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/absorption/127>. Datum des Zugriffs: 04.09.2019)

⁶⁵ Dissipation = Umwandlung von Schallenergie in Wärme (Quelle: <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/dissipation/3196>. Datum des Zugriffs: 04.09.2019)

⁶⁶ Vgl. POHL, R. O.; LÜDERS, K.: Pohls Einführung in die Physik - Band 1: Mechanik, Akustik und Wärmelehre. S. 299ff

Die Schallpegeldifferenz zwischen den Abständen r_1 und r_2 von der Schallquelle errechnet sich folgendermaßen:

$$\Delta L_P = 20 \times \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

Formel 4 - Schallpegeldifferenz zwischen den Abständen r_1 und r_2 bei einer Punktschallquelle⁶⁷

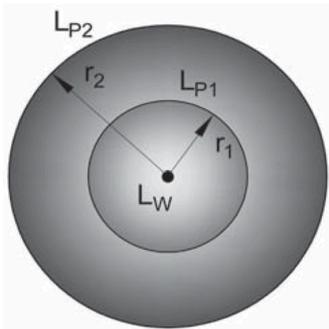


Abbildung 7 - Schallausbreitung ausgehend von einer Punktschallquelle⁶⁸

Linien-schallquelle

Um eine linienförmige Schallquelle breitet sich der Schall, sofern ideale Randbedingungen herrschen (keine Reflexion, keine Absorption, keine Abschirmung, etc.), in konzentrischen Zylinderschalen aus. Bei einer Verdopplung des Abstandes zur Schallquelle kann von einer Verringerung des Schallpegels um 3 dB ausgegangen werden. Die Schallpegeldifferenz zwischen den Abständen r_1 und r_2 von der Schallquelle errechnet sich folgendermaßen:

$$\Delta L_P = 10 \times \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

Formel 5 - Schallpegeldifferenz zwischen den Abständen r_1 und r_2 bei einer Linien-schallquelle⁶⁹

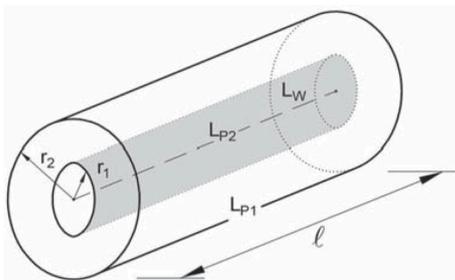


Abbildung 8 - Schallausbreitung ausgehend von einer Linien-schallquelle⁷⁰

⁶⁷ WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 7.21f

⁶⁸ WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 7.21

⁶⁹ WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 7.22f

⁷⁰ WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 7.23

Flächenschallquelle

Bei Flächenschallquellen (z.B.: abstrahlende Wände, Dächer) kommt es v.a. im Nahbereich, sofern ideale Randbedingungen herrschen (keine Reflexion, keine Absorption, keine Abschirmung, etc.), zu einer eindimensionalen Ausbreitung des Schalls. Somit gibt es bei geringen Abständen (zutreffend bei Abständen $< 0,4 \times \sqrt{\text{Abstrahlungsfläche}}$) keine Schallpegelabnahme. In größerer Entfernung wird die Flächenschallquelle als Punktschallquelle gesehen, die Pegelabnahme beträgt 6 dB je Abstandsverdopplung.⁷¹

Rechnen mit Schallpegeln

Grundsätzlich gilt für die Kalkulation eines Gesamtschallpegeldrucks $L_{p, ges}$, der von n unterschiedlichen Einzelschallquellen mit den jeweiligen Schallpegeln $L_{p, j}$ verursacht wird:

$$L_{p, ges} = 10 \times \log \sum_{j=1}^n 10^{0,1 \times L_{p, j}}$$

Formel 6 - Berechnung Gesamtschallpegeldruck⁷²

Dadurch, dass Schallpegel nicht „einfach“ arithmetisch addiert werden können, ergeben sich folgende „Rechenphänomene“:

- Bei der Addition von zwei gleichen Schallquellen erhöht sich der Schallpegel unabhängig der absoluten Pegelhöhe um 3 dB.
- Bei der Addition von zehn gleichen Schallquellen erhöht sich der Schallpegel unabhängig der absoluten Pegelhöhe um 10 dB.⁷³

⁷¹ Vgl. https://www.laerminfo.at/dam/ HB_Umgebungslaerm_Kap3. Datum des Zugriffs: 05.09.2019

⁷² WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 235

⁷³ Vgl. WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 7.16f

Schallreflexions-, Schalltransmissions- und Schallabsorptionsgrad

Tabelle 2 - Definition unterschiedlicher frequenzabhängiger Schall-Leistungen und deren Anteil an der auftreffenden Schall-Leistung⁷⁴

	1	2	3	4	5
1	Bauteil im Schallfeld	Art der Schall-Leistung		Anteil	
2		Benennung	Zeichen	Benennung	Gleichung
3		auftreffend	$p_e(f)$		
4		reflektiert	$p_\rho(f)$	Reflexionsgrad	$\rho(f) = \frac{p_\rho(f)}{p_e(f)}$
5		dissipiert	$p_\delta(f)$	Dissipationsgrad	$\delta(f) = \frac{p_\delta(f)}{p_e(f)}$
6		transmittiert	$p_\tau(f)$	Transmissionsgrad	$\tau(f) = \frac{p_\tau(f)}{p_e(f)}$
7		absorbiert	$p_\alpha(f)$	Absorptionsgrad	$\alpha(f) = 1 - \rho(f)$

Schallpegeldifferenz D

Die Schallpegeldifferenz D [dB] beschreibt den Unterschied zwischen dem in einem Senderraum abgestrahlten Schallpegel L_1 und dem in einem Empfangsraum vorhandenen Schallpegel L_2 .⁷⁵

$$D = L_1 - L_2$$

Formel 7 - Schallpegeldifferenz⁷⁶

Norm-Schallpegeldifferenz D_n und Standard-Schallpegeldifferenz D_{nT}

Damit bei einer Bauteilbewertung die Einflüsse der raumakustischen Ausstattung und der unterschiedlichen schallabsorbierenden Oberflächen im Empfangsraum bedacht werden, werden die frequenzabhängige Norm-Schallpegeldifferenz D_n unter Miteinbeziehung einer Bezugsabsorptionsfläche A_0 [m²] bzw. die Standard-Schallpegeldifferenz D_{nT} unter Berücksichtigung einer Bezugsnachhallzeit T_0 [s] bestimmt.⁷⁷

Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT, w}$

Die Bewertung der Luftschalldämmung wird, ob der Abhängigkeit der Schallübertragung und der Schalldämmung, von der Schallfrequenz, stets mittels eines genormten Bewertungsverfahrens durchgeführt und einer genormten Bezugskurve gegenübergestellt. Dadurch wird ermöglicht,

⁷⁴ WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 454

⁷⁵ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 95

⁷⁶ PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 95

⁷⁷ Vgl. WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 8.9f

dass die Schallmesskurve als Einzahlangabe umgesetzt werden kann. In diesem Fall ist von der bewerteten Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT, w}$ die Rede.⁷⁸

Schalldämm-Maß R

Um die Güte der Schalldämmung eines Bauteils zu bewerten, wird das Schalldämm-Maß R herangezogen. Dabei erfolgt die Messung in einem Prüfstand unter größtmöglicher Ausschaltung aller Schallnebenwegübertragungen. Mit der Annahme, dass ein diffuses Schallfeld vorliegt und die Schallübertragung ausschließlich über den betrachteten Bauteil erfolgt, kann das Schalldämm-Maß R [dB] aus der Fläche S [m²] des Trennbau- teils und der Absorptionsfläche A [m²] im Empfangsraum folgendermaßen berechnet werden:

$$R = D + 10 \times \lg\left(\frac{S}{A}\right)$$

Formel 8 – Schalldämm-Maß⁷⁹

Bewertetes Schalldämm-Maß R_w

Erfolgt die Bewertung des Schalldämm-Maßes R über eine Einzahl- angabe auf Basis einer genormten Bezugskurve und eines genormten Be- wertungsverfahrens, so wird es als bewertetes Schalldämm-Maß R_w be- zeichnet.⁸⁰

Bauschalldämm-Maß R'

Von einem Bauschalldämm-Maß R' spricht man, wenn ein Bauteil in ei- nem Bauwerk oder auf einem Prüfstand akustisch bewertet wurde und die Messung mit Schallnebenwegen durchgeführt wurde.⁸¹

Bewertetes Bauschalldämm-Maß R'_w

Erfolgt die Bewertung des Bauschalldämm-Maßes R' über eine Einzahl- angabe auf Basis einer genormten Bezugskurve und eines genormten Be- wertungsverfahrens, so wird es als bewertetes Bauschalldämm-Maß R'_w bezeichnet.⁸²

BERGERSches Gesetz

Mit dem BERGERSchen Gesetz kann das Schalldämm-Maß R eines mas- siven, einschaligen und akustisch homogenen Bauteils mittels der flä- chenbezogenen Masse m' , der Frequenz f und dem Einfallswinkel des

⁷⁸ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 95f

⁷⁹ WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 8.10f

⁸⁰ Vgl. WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 290f

⁸¹ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 96

⁸² Vgl. https://www.beton.wiki/index.php?title=Bewertetes_Bau-Schalldämm-Maß. Datum des Zugriffs: 09.11.2019

Schalls ϑ (Winkel zwischen der Flächennormalen und Schallsignal) errechnet und beschrieben werden:

$$R = 10 \times \lg \left[1 + \left(\frac{\pi \times f \times m'}{\rho_L \times c_L} \times \cos \vartheta \right)^2 \right]$$

Formel 9 - BERGERSches Gesetz⁸³

Darin sind:

ρ_L	Rohdichte der Luft ($\rho_L = 1,25 \text{ kg/m}^3$)
c_L	Schallgeschwindigkeit in Luft ($c_L = 340 \text{ m/s}$)

Mit:

$$m' = \rho \times d$$

Formel 10 – flächenbezogene Masse⁸⁴

Darin sind:

ρ	Rohdichte in [kg/m^3]
d	Dicke in [m] ⁸⁵

Eine Auswertung des BERGERSchen Gesetzes liefert folgende Erkenntnisse:⁸⁶

- Eine Verdopplung der flächenbezogenen Masse m' erhöht das Schalldämm-Maß R um + 6 dB.
- Eine Erhöhung der Frequenz um eine Oktave (entspricht Verdopplung der Frequenz) erhöht das Schalldämm-Maß R um + 6 dB.
- Bei streifendem Schalleinfall ($\vartheta \rightarrow 90^\circ$ hat $\cos \vartheta \rightarrow 0$ zur Folge) sinkt das Schalldämm-Maß R stark ab.
- Bei senkrechtem Schalleinfall ($\vartheta \rightarrow 0^\circ$ hat $\cos \vartheta \rightarrow 1$ zur Folge) erreicht das Schalldämm-Maß R seinen Maximalwert.

Trittschallpegel L

Als Trittschallpegel L [dB] wird jener Schallpegel eines Geräusches bezeichnet, welches in einem Raum entsteht, wenn auf einer Decke oder in einer Stiege ein Normhammerwerk betrieben wird. Dabei werden fünf Stahlhämmer mit je 500 g aus 4 cm Höhe mit einer Frequenz von 10 Schlägen pro Sekunde fallen gelassen.⁸⁷

⁸³ WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 297

⁸⁴ WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 297

⁸⁵ Vgl. WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 297f

⁸⁶ Vgl. WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 297f

⁸⁷ Vgl. <https://www.energieberater-pb.eu> > app > download > Norm-Trittschallpegel. Datum des Zugriffs: 07.10.2019

Normtrittschallpegel L_n und Standard-Trittschallpegel L'_{nT}

Bei der Bewertung des Trittschallpegels muss das Reflexions- und Absorptionsverhalten des Empfangsraums berücksichtigt werden. Somit können der Normtrittschallpegel L_n unter Berücksichtigung einer Bezugsabsorptionsfläche A_0 [m^2] und der Standard-Trittschallpegel L'_{nT} unter Mitbeziehung einer Bezugsnachhallzeit T_0 errechnet werden.⁸⁸

Bewerteter Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$

Die durch das standardisierte Messverfahren gewonnene Messkurve wird einer genormten Bezugskurve für die Bewertung des Normtrittschallpegels gegenübergestellt und in eine Einzahlangabe übergeführt. Der daraus gewonnene Wert wird als bewerteter Standard-Trittschallpegel bezeichnet.⁸⁹

Laufzeitdifferenz Δt

Als maßgebliches Kriterium für die Verständlichkeit in Räumen gilt die Laufzeitdifferenz Δt . Sie gibt in Sekunden an, um wieviel später ein reflektiertes Schallsignal am Empfänger (Immissionsort) ankommt als das direkt übertragene. Bezüglich der Bewertung der Laufzeitdifferenz gibt es drei unterschiedliche Bereiche, die unterschieden werden:⁹⁰

- Laufzeitdifferenzen $\Delta t \leq 0,05$ s bewirken eine Verstärkung des direkten Schallsignals und führen so zu einer verbesserten Verständlichkeit. Um dies zu veranschaulichen - eine Laufzeitdifferenz von $\Delta t = 0,05$ s entspricht dabei einer Laufwegdifferenz Δl von etwa 17 m.
- Laufzeitdifferenzen $0,05 \text{ s} < \Delta t \leq 0,1$ s führen zu einer Verschlechterung der Verständlichkeit, was einer Laufwegdifferenz Δl von $17 \text{ m} < \Delta l \leq 34 \text{ m}$ gleichzustellen ist.
- Laufzeitdifferenzen $\Delta t > 0,1$ s werden als Echo bezeichnet, die Laufwegdifferenz Δl liegt in diesen Fällen über 34 m.

⁸⁸ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 109

⁸⁹ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 109

⁹⁰ Vgl. WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 9.3f

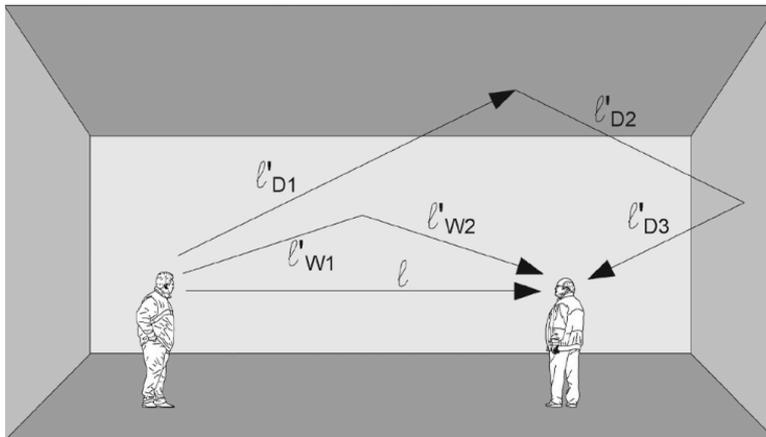


Abbildung 9 - Skizze von Schallsignalverlauf in einem abgeschlossenen Raum mit der Weglänge l des direkten Schalls und den Weglängen l_{1-3} des reflektierten Schalls. Die zusätzlichen Indizes D (Decke) und W (Wand) beschreiben die unterschiedlichen Reflexionswege⁹¹

Hörsamkeit

Unter Hörsamkeit versteht man die Tauglichkeit eines Raumes für bestimmte Schalldarbietungen. Dazu zählen vor allem gute sprachliche Kommunikation und musikalische Darbietungen. Einfluss auf die Hörsamkeit haben vor allem:⁹²

- geometrische Gestaltung des Raumes
- Auswahl der schallabsorbierenden Flächen
- Verteilung von schallabsorbierenden und -reflektierenden Flächen
- Nachhallzeit
- Störgeräusche

Nachhallzeit $T(f)$

Die Nachhallzeit gibt an, nach welcher Zeitspanne ein Schalldruckpegel $L(t)$ in einem Raum nach seiner Beendigung um 60 dB seines ursprünglichen Wertes reduziert wird, was einer Verringerung von 1/1.000.000 seines Ursprungswertes entspricht. Sie ist frequenzabhängig zu ermitteln und ein Maß, um die Hörsamkeit in einem Raum zu bewerten.⁹³

⁹¹ WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 452

⁹² Vgl. WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 451

⁹³ Vgl. WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 9.5f

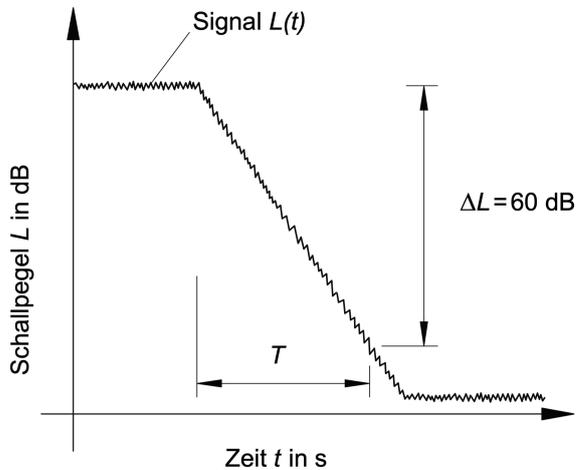


Abbildung 10 - Verlauf eines Schallsignals nach seiner Beendigung mit eingezeichneter Nachhallzeit $T(f)$ ⁹⁴

Gezielte Schallabsorption

Räume mit einer hohen Nachhallzeit werden subjektiv als lauter empfunden. Diesem Phänomen wird vor allem im Schallschutz, insbesondere in der Raumakustik eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Deshalb kann es von großem Nutzen sein, die Nachhallzeit mittels geeigneter Schallabsorber gezielt zu reduzieren. In der Raumakustik werden zwei unterschiedliche Typen von Absorbern verwendet:⁹⁵

- **Poröse Absorber:** Dazu zählen beispielsweise Teppiche, Dämmstoffe, Holzfaserplatten oder auch Vorhänge. Sie werden dadurch charakterisiert, dass sie eine offenporige oder strukturierte Oberfläche aufweisen. Haben poröse Absorber eine ausreichende Dicke, sind sie vor allem für die Absorption von Schall mittlerer und höherer Schallfrequenzen gut geeignet.
- **Resonanzabsorber:** Zu ihnen werden beispielsweise Gipskartonplatten oder auch Spiegel, die vor einer Wand hängen, gezählt. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie ein schwingungsfähiges System darstellen, welches durch den Schall angeregt werden kann. Durch diesen Vorgang wird vor allem Schall tiefer Frequenzen absorbiert. Luftmassen in offenen Schlitzen oder Löchern geeigneter Schallschutzsysteme werden ebenfalls zu den Resonanzabsorbern gezählt.

⁹⁴ WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 456

⁹⁵ Vgl. <https://www.baunetzwissen.de/bauphysik/fachwissen/schallschutz/raumakustik-halligkeit-nachhallzeit-und-schallabsorption-4407257>. Datum des Zugriffs: 17.12.2019

Äquivalente Schallabsorptionsfläche $A(f)$

Die frequenzabhängige äquivalente Schallabsorptionsfläche $A(f)$ entspricht einer virtuellen Fläche mit einem Schallabsorptionsgrad $\alpha = 1$, in der sich alle raumakustischen Einzelcharakteristika aufsummieren. Dazu zählen:⁹⁶

- alle Einzelflächen mit ihren individuellen Absorptionsgraden
- die anwesenden Personen mit ihren Absorptionsflächen
- die Raumlufte mit ihrem Volumen und ihrem Absorptionsgrad

⁹⁶ Vgl. WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 9.5

2.2 Grundlagen zum Krankenhausbau

2.2.1 Das System Krankenhaus

In der Naturwissenschaft wird ein System als

„[...] Gesamtheit von Objekten, die sich in einem ganzheitlichen Zusammenhang befinden und durch die Wechselbeziehungen untereinander gegenüber ihrer Umgebung abzugrenzen sind“⁹⁷.

gesehen. Der systemtheoretische Ansatz dient grundsätzlich dazu, komplexe Vorgänge in viele einzelne zu zerlegen, um deren gegenseitige Beeinflussung zu beschreiben und besser zu verstehen.

Systeme bestehen aus vielen Elementen, deren Anordnung und Beziehung zueinander die Struktur eines Systems bestimmen. Als Beziehung wird die Vernetzung der einzelnen Elemente verstanden. Durch ihre Gültigkeit wird bewirkt, dass ein autonomes Agieren der Elemente verhindert wird und diese stets aufeinander einwirken.⁹⁸

Kann man mehrere Elemente zu einem eigenen System zusammenfassen, wird dieses Unter- bzw. Subsystem genannt. Subsysteme stehen unter dem Einfluss des darüber liegenden Umsystems und helfen, Teilaspekte des gesamten Systemablaufs besser erforschen zu können.

Als Kybernetik wird die Wissenschaft bezeichnet, welche sich mit der Regelung und Steuerung dynamischer Systeme beschäftigt. Forschungsziel ist es, signifikante Systemeigenschaften zu erkennen, um das Systemverhalten zu erfassen.

Wird nun das Krankenhaus im systemischen Sinn betrachtet, kann das österreichische Gesundheitswesen als sein Umsystem gesehen werden, von welchem es abzugrenzen ist. Dieses besteht wiederum selbst aus Subsystemen, welche laut Meyer wie folgt lauten:⁹⁹

- Ökonomisches Subsystem
- Rechtlich-politisches Subsystem
- Technologisches Subsystem
- Soziokulturelles Subsystem
- Ökologisches Subsystem

Zwischen dem System Krankenhaus, dem Umsystem Gesundheitswesen und dessen Subsystemen bestehen gegenseitige Wechselbeziehungen.

⁹⁷ <https://www.duden.de/rechtschreibung/System>. Datum des Zugriffs: 14.06.2019

⁹⁸ Vgl. GOMEZ, P.: Modelle und Methoden des systemorientierten Managements. S. 41f

⁹⁹ Vgl. MEYER, J.: Erarbeitung einer betriebswirtschaftlichen Planungskonzeption für Krankenhäuser auf Basis eines patientenorientierten Ansatzes. S. 15

Dynamische, in der Systemkomplexität wachsende Systeme tendieren dazu, neue Subsysteme aufgrund zusätzlicher Elemente und Beziehungen zu entwickeln, welche sich anschließend selbstständig entfalten und etablieren.

Dieses Systemverhalten lässt sich vor allem auf Krankenanstalten ummünzen: Durch wissenschaftliche Erfolge und medizinischen Fortschritte werden kontinuierliche neue Behandlungsmethoden diverser Krankheiten und innovative technische Gerätschaften hervorgebracht, womit neuartige medizinische Disziplinen und Betätigungsfelder entstehen. Diese Gliederung in moderne Funktionsstellen, Abteilungen und Spezialdisziplinen innerhalb der Systemstruktur schafft verstärkte Arbeitsteilung, neue Schnittstellen und fördert die Ausbildung in derartigen Berufsfeldern.

Die Komplexität des Gesamtsystems steigt naturgemäß, die Gestaltung und Steuerung der sich beeinflussenden, beinahe autonomen Subsysteme werden zu einer immer anspruchsvolleren Aufgabe.¹⁰⁰

Einflussfaktoren werden in der systemtheoretischen Auffassung als Vektoren dargestellt und können in endogene bzw. exogene Faktoren eingeteilt werden.

Als endogene Einflüsse werden jene Einflüsse bezeichnet, die innerhalb der Krankenanstalt ansetzen. Dazu zählen neben spitalsspezifischen Management-, Qualitätssicherungs- und Qualitätssteuerungsinstrumenten vor allem:

- medizinischen Entwicklungen
- technologische Weiterentwicklung
- Arbeitsbedingungen in der Gesundheitswirtschaft

Exogene Faktoren sind Vektoren, die von außen auf das Krankenhaus einwirken. Hierunter fallen:¹⁰¹

- demographische Entwicklung
- soziokulturelle Strömungen
- rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen

2.2.2 Die österreichische Krankenhauslandschaft

Gemäß dem Verzeichnis der österreichischen Krankenanstalten des Bundesministeriums für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz, gibt es in Österreich 269 Krankenanstalten¹⁰², welche für die

¹⁰⁰ Vgl. GÄRNTNER, H.: Das Krankenhaus als System. In: Klinikmanagement: Erfolgsstrategien für die Zukunft. S. 126ff

¹⁰¹ Vgl. HILBERT, J.; FRETSCHE, R.; DÜLBERG, A.: Rahmenbedingungen und Herausforderungen der Gesundheitswirtschaft. <https://www.iat.eu/aktuell/veroeff/ds/hilbert02b.pdf>. Datum des Zugriffs: 16.Juni.2019

¹⁰² Stand: 05.04.2019

Durchführung stationärer und/oder tagesklinischer Behandlungen zuständig sind.¹⁰³ Über die Hälfte dieser Krankenanstalten werden von Gebietskörperschaften wie beispielsweise den Gemeinden, den Bundesländern oder dem Bund, sowie von Krankenkassen betrieben. Die restlichen werden von privaten Besitzern geleitet.

Die österreichische Krankenanstaltenlandschaft ist eine besonders vielfältige und auf Grund ihrer unterschiedlichen Erscheinungsformen eine besonders komplexe, welche wie folgt gegliedert werden kann:

Gliederung nach Eigentümern/Trägern

Während europaweit häufig eine Unterscheidung zwischen „öffentlichen“ und „privaten“ Krankenanstalten nach den Eigentumsverhältnissen gemacht wird, ist eine derartige Gliederung in Österreich nicht eindeutig möglich. In Österreich werden Krankenhäuser als „öffentlich“ bezeichnet, sofern diese dem Öffentlichkeitsrecht entsprechend zugeordnet werden können.

Nach dem KAKuG kann einem Krankenhaus dieses verliehen werden, sofern:¹⁰⁴

1. die Krankenanstalt den Vorgaben des jeweiligen Landeskrankenanstaltenplanes entspricht.
2. die Krankenanstalt gemeinnützig geführt wird.
3. diese ihre Pflichten, welche durch das Bundesgesetz festgelegt werden, erfüllt und ein gesicherter Bestand bzw. Betrieb gewährleistet werden kann.
4. das Krankenhaus vom Bund, einem Bundesland, einer Gemeinde, einer Stiftung, einem öffentlichen Fond, einer Körperschaft öffentlichen Rechts, einer juristischen Person oder einer Vereinigung von juristischen Personen verwaltet und betrieben wird.

Ein Spital mit Öffentlichkeitsrecht ist einem gesetzlich festgelegtem Versorgungs- und Aufnahmegebot verpflichtet, während private und somit meist auch gewinnorientierte Krankenanstalten die Möglichkeit haben, Aufnahmen abzulehnen. Zusätzlich impliziert das Öffentlichkeitsrecht auch per Gesetz vorgeschriebene Subventionen des öffentlichen Sektors für den laufenden Betrieb.

Gemäß der Eigentümerstruktur lassen sich somit drei Typen von Krankenhäusern unterscheiden:

¹⁰³ Vgl. https://www.sozialministerium.at/site/Gesundheit/Gesundheitssystem/Krankenanstalten/Krankenanstalten_und_selbststaendige_Ambulatorien_in_Oesterreich/Krankenanstalten_in_Oesterreich. Datum des Zugriffs: 11.06.2019

¹⁰⁴ Vgl. BUNDESMINISTERIUM ARBEIT, SOZIALES, GESUNDHEIT UND KONSUMENTENSCHUTZ: Klassifikation der österreichischen Krankenanstalten. https://www.sozialministerium.at/cms/site/attachments/9/8/0/CH3984/CMS1499253793427/klassifikation_krankenanstalten_20180703.pdf. Datum des Zugriffs: 11.Juni.2019

- öffentliche Krankenanstalten (Eigentümer: Gemeinde, Land oder Sozialversicherungen)
- private, gemeinnützige, d.h. nicht auf Gewinn abzielende Krankenhäuser (Eigentümer: überwiegend Orden, gemeinnützige Vereine)
- private, gewinnorientierte Krankenhäuser (Eigentümer: Privatpersonen, AGs, GmbHs, etc.)¹⁰⁵

Eine solche Gliederung ist vonnöten, da sowohl Krankenanstalten mit Öffentlichkeitsrecht in privater Trägerschaft existieren als auch solche, welche sich in öffentlicher Trägerschaft befinden, allerdings nicht dem Öffentlichkeitsrecht entsprechen.

Gliederung nach Krankenanstaltstyp

Unterteilt man die Struktur der Anstalten in Anlehnung an das Krankenanstalten- und Kuranstaltengesetz (KAKuG) nach ihrem Zweck, erhält man eine Gliederung in:¹⁰⁶

- Allgemeine Krankenanstalten
- Sonderkrankenanstalten
- Pflegeanstalten für chronisch Kranke
- Sanatorien

Bezüglich der Allgemeinen Krankenanstalten kann gemäß dem KAKuG eine weitere Unterteilung entsprechend dem Versorgungsgrad vorgenommen werden in Standard-, Schwerpunkt- oder Zentralkrankenanstalten.

Standardkrankenanstalten sind für die Grundversorgung zuständig und bestehen zumindest aus zwei unterschiedlichen Abteilungen, wobei eine davon das Fach der Inneren Medizin ausüben muss. Des Weiteren müssen Ausstattungen für Anästhesiologie, Röntgendiagnostik und für die Durchführung von Obduktionen vorhanden sein, welche durch dafür geeignete Fachärzte betreut werden, um einer entsprechenden Grundversorgung gerecht zu werden.

Schwerpunktkrankenanstalten müssen gemäß dem KAKuG Abteilungen in mehreren Fachrichtungen anbieten, diese sind:

- Augenheilkunde und Optometrie
- Chirurgie
- Frauenheilkunde und Geburtshilfe
- Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde

¹⁰⁵ Vgl. PAPOUSCHEK, U.: Umstrukturierungen im Krankenhaus und ihre Auswirkungen auf die Arbeitsbedingungen. Forschungsbericht. S. 13

¹⁰⁶ Vgl. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10010285>. Datum des Zugriffs: 12.06.2019

- Innere Medizin
- Kinder- und Jugendheilkunde
- Neurologie
- Orthopädie und Traumatologie
- Psychiatrie und Psychotherapeutische Medizin
- Urologie

Während manche dieser Abteilungen ohne durchgehende Öffnungszeiten geführt werden, da dies im regionalen Kontext nicht von Nöten ist, werden andere auf sich im Einzugsgebiet befindliche Schwerpunktkrankenanstalten übertragen. Außerdem werden weitere Ausstattungen wie beispielsweise eine Anästhesiologie inklusive einer Intensivmedizin, eine Anstaltsapotheke, ein pathologisches Institut sowie ein Institut für medizinische und chemische Labordiagnostik gefordert.

Zentralkrankenanstalten müssen dem KAKuG entsprechend in allen Fachbereichen Abteilungen führen und decken somit die gesamte medizinischen Versorgung nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft ab. Beispiele für diese Krankenhäuser sind das AKH Wien oder das LKH Graz.

Finanzierungssystem in Österreich

Krankenhäuser werden als der kostspieligste Bereich des Gesundheitswesens gesehen. Die Finanzierung in Österreich wird auf mehreren Ebenen geregelt: Während der Bund nur im Bereich der Grundsatzgesetzgebung die maßgebende Instanz darstellt, sind die neun Bundesländer für die Ausführungsgesetzgebung und die Vollziehung, sprich für die Spitalversorgung, verantwortlich.

Die meisten öffentlichen Krankenhäuser werden über die Landesfonds finanziert und werden deswegen Fondskrankenanstalten genannt. Dies betrifft die öffentlichen allgemeinen und Sonderkrankenanstalten, sowie die privaten gemeinnützigen allgemeinen Krankenanstalten. In konkrete Zahlen umgelegt werden rund 70% aller Spitalbetten in Österreich, mit welchen ca. 89% aller stationären Patienten versorgt werden, durch öffentliche Gelder finanziert.¹⁰⁷ Im Großen und Ganzen wird dadurch der stationäre Akutbereich in Österreich sichergestellt.

Die finanzielle Beteiligung des Bundes an der Finanzierung von öffentlichen und privaten gemeinnützigen Spitälern ist seit 1978 mittels zeitlich befristeter Verträge, welche sich auf die österreichische Bundesverfassung stützen, zwischen dem Bund und den Bundesländern geregelt. Mit diesen Beschlüssen wird allerdings nicht nur die Rolle des Staates, die Krankenanstaltsfinanzierung betreffend, definiert, sondern es wird auch

¹⁰⁷ Vgl. BUNDESMINISTERIUM ARBEIT, SOZIALES, GESUNDHEIT UND KONSUMENTENSCHUTZ: Leistungsorientierte Krankenanstaltenfinanzierung - Systembeschreibung.
https://www.sozialministerium.at/cms/site/attachments/3/2/9/CH3987/CMS1537962595916/systembeschreibung_2019.pdf. Datum des Zugriffs: 13.Juni.2019

die strukturelle Entwicklung der Spitäler und des Gesundheitswesens im Allgemeinen durch gemeinsame Maßnahmen gesteuert und beeinflusst. Die Ziele dieser Zusammenarbeit sind eindeutig definiert:

- eine landesweite, einheitliche und qualitativ hochwertige Gesundheitsversorgung der Bevölkerung,
- eine überregionale Abstimmung zukünftiger Planungen und
- eine österreichweite einheitliche Dokumentation und Finanzierung im Gesundheitswesen.

Die staatlichen Gelder, welche größtenteils durch die Umsatzsteuern generiert werden, müssen zunächst in die österreichische Bundesgesundheitsagentur, welche auf Bundesebene eingerichtet wurde, eingezahlt werden. Diese hat dieselben Aufgaben und Ziele zu verfolgen, welche zuvor zwischen dem Bund und den Bundesländern vertraglich vereinbart wurden. Die Mittel werden dann nach einem festgelegten Aufteilungsschlüssel auf die neun Landesgesundheitsfonds in den jeweiligen Bundesländern aufgeteilt.

Neben der Speisung durch die Bundesgesundheitsagentur, fließen vor allem Beiträge der österreichischen Sozialversicherung, Gelder aus Steuermitteln und Beiträge der Länder und Gemeinden in die Landesgesundheitsfonds. Diese haben seit 1997 die Finanzierung der Fondsspitäler inne, welche nach dem System der leistungsorientierten Krankenanstaltenfinanzierung (LKF) durchgeführt wird.

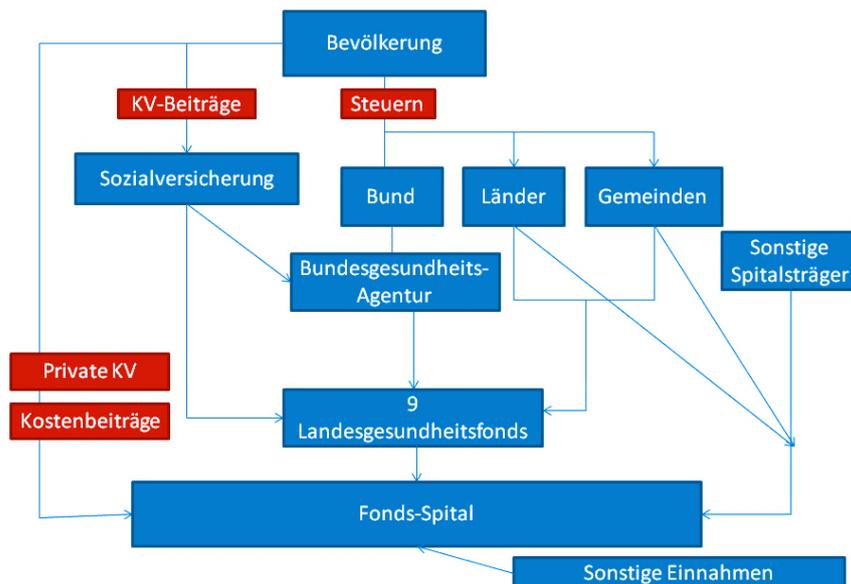


Abbildung 11 - Spitalsfinanzierung in Österreich¹⁰⁸

¹⁰⁸ <http://spitalsdaten.blogspot.com>. Datum des Zugriffs: 2.08.2019

Das LKF-System ist ein genormtes Finanzierungssystem, welches aus einem bundesweit einheitlichen und einem bundeslandspezifischen Teil besteht. Ersterer wird durch die Bundesgesundheitsagentur, genauer durch die Bundes-Zielsteuerungskommission und den Koordinierungsausschuss, bestimmt und weiterentwickelt, zweiterer durch Gesundheitsplattformen auf Landesebene und die Landes-Zielsteuerungskommissionen.

Grundlage für das LKF-System bildet eine verpflichtende, landesweite Dokumentation in den Spitälern, die in den Aufgabenbereich des Bundesministeriums für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz (BMASGK) fällt.

Kosten des Gesundheitswesens

Die Kosten des Gesundheitssektors in Österreich im Jahr 2017 beliefen sich auf 38,46 Milliarden Euro (32,79 Milliarden Euro exklusive des Anteils der Langzeitpflege) für die laufenden Gesundheitsausgaben und auf 2,83 Milliarden Euro für alle getätigten Investitionen. In Summe wurden somit 41,3 Milliarden Euro, bzw. 11,2% des BIP im betreffenden Kalenderjahr an Gesundheitsausgaben aufgewendet.¹⁰⁹

Stellt man die Kostenentwicklung des Gesundheitssektors jener des BIP im Zeitraum von 2004 bis 2017 gegenüber, kann man Folgendes feststellen:

Im soeben erwähnten Zeitraum stieg das BIP des Bundesstaates Österreich kontinuierlich (mit Ausnahme des Jahres 2009) von 242,35 Milliarden Euro auf 369,9 Milliarden Euro an.¹¹⁰ Dies entspricht einem durchschnittlichen jährlichen prozentuellen Zuwachs von ca. 3,33%.

Zur selben Zeit wurden die Gesundheitsaufgaben ebenfalls kontinuierlich von 25,0 Milliarden Euro auf 41,3 Milliarden Euro erhöht, was einem durchschnittlichen jährlichen prozentuellen Zuwachs von 3,93% entspricht.

Demzufolge ist gut ersichtlich, dass sich die Ausgaben in diesem Bereich nicht nur in absoluten Zahlen von Jahr zu Jahr erhöhen, sondern auch in Anlehnung an das BIP ein immer größerer Anteil in Anspruch genommen wird.

Spitalsbetten

Die Zahl der verfügbaren Betten in einer Krankenanstalt wird national häufig als Grundinformation herangezogen bezüglich der Versorgungskapazität und der Größe eines Spitals. Dabei muss zwischen behördlich ge-

¹⁰⁹ http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/gesundheit/gesundheitsausgaben/019701.html. Datum des Zugriffs: 15.06.2019

¹¹⁰ Vgl. WIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH: WIRTSCHAFTSLAGE UND PROGNOSE - Wirtschaftswachstum, Bruttoinlandsprodukt. <https://wko.at/statistik/prognose/bip.pdf>. Datum des Zugriffs: 15. Juni.2019

nehmigten, sogenannten systemischen Betten, und tatsächlich aufgestellten Betten unterschieden werden. Die Anzahl der systemischen Betten, das betrifft alle Krankenbetten, die im jeweiligen regionalen Strukturplan Gesundheit bzw. Landeskrankenanstaltenplan verzeichnet werden (Sollstand), belief sich im Jahr 2017 auf 67.212 Betten in ganz Österreich, wobei davon 46.910 Stück in Landesgesundheitsfond finanzierten Spitälern geplant waren.¹¹¹

Als tatsächlich aufgestellte Betten werden jene bezeichnet, die im Bezugsjahr im Durchschnitt oder mindestens sechs Monate tatsächlich aufgestellt waren. Dabei konnten sie belegt sein oder auch nicht.¹¹² Im Jahr 2017 wurden 64.805 tatsächlich aufgestellte Betten verzeichnet, wovon sich 44.738 Stück in landesgesundheitsfondfinanzierten Krankenanstalten befanden.¹¹³

Grundsätzlich ist die Bettenentwicklung in derartigen Krankenhäusern, welche, wie zuvor beschrieben, den größten Teil der stationären Akutversorgung innehaben, trotz der Zunahme an stationären Aufenthalten in Österreich leicht rückgängig. Dieses Phänomen ist damit erklärbar, dass die durchschnittliche Krankenhausaufenthaltsdauer ebenfalls stagniert.

Die in der Grafik erkennbare Zunahme der Betten in nicht landesgesundheitsfondfinanzierten Spitälern steht hauptsächlich mit der Häufung derartiger Krankenanstalten, vor allem im Bereich der Rehabilitation, in Verbindung.

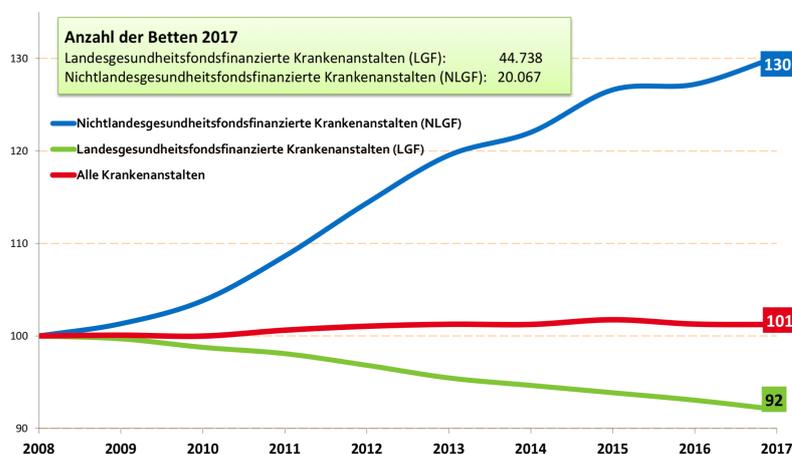


Abbildung 12 - Krankenhausbettenentwicklung in Österreich¹¹⁴

¹¹¹ Vgl. BUNDESMINISTERIUM ARBEIT, SOZIALES, GESUNDHEIT UND KONSUMENTENSCHUTZ: systemisierte Betten. http://www.kaz.bmg.gv.at/fileadmin/user_upload/Betten/1_T_Betten_SBETT.pdf. Datum des Zugriffs: 13.Juni.2019

¹¹² Vgl. BUNDESMINISTERIUM ARBEIT, SOZIALES, GESUNDHEIT UND KONSUMENTENSCHUTZ: Krankenanstalten in Zahlen. http://www.kaz.bmg.gv.at/fileadmin/user_upload/Publikationen/ÜREG_2017.pdf. Datum des Zugriffs: 13.Juni.2019

¹¹³ Vgl. BUNDESMINISTERIUM ARBEIT, SOZIALES, GESUNDHEIT UND KONSUMENTENSCHUTZ: tatsächlich aufgestellte Betten. http://www.kaz.bmg.gv.at/fileadmin/user_upload/Betten/2_T_Betten_TBETT.pdf. Datum des Zugriffs: 13.Juni.2019

¹¹⁴ BUNDESMINISTERIUM ARBEIT, SOZIALES, GESUNDHEIT UND KONSUMENTENSCHUTZ: Bettenentwicklung in Österreich. http://www.kaz.bmg.gv.at/fileadmin/user_upload/Betten/3_G_Betten_TBETT.pdf. Datum des Zugriffs: 13.Juni.2019

Eine weitere Kennzahl, welche die Bettenreduktion in Österreich der letzten Jahre ersichtlich macht, ist die Bettenzahl je 1000 Einwohner:

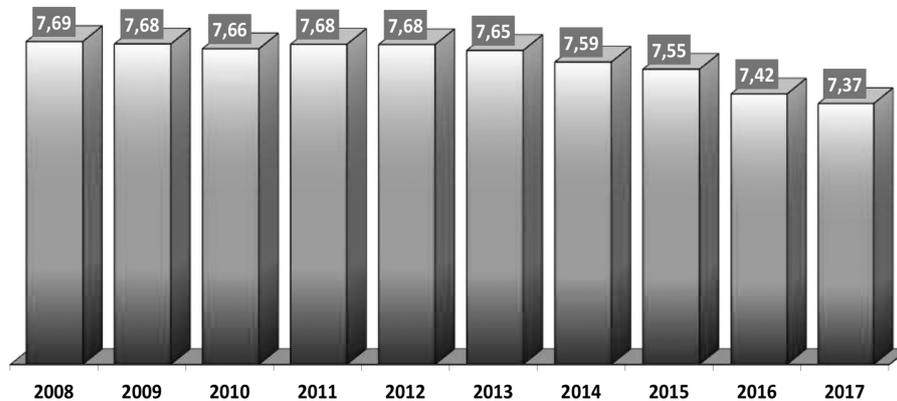


Abbildung 13 - Bettenentwicklung in Österreich je 1000 Einwohner (tatsächlich aufgestellte Betten)¹¹⁵

2.2.3 Bauliche Struktur und ihre Gliederung

Das „prozessorientierte Krankenhaus“ macht sich zum Ziel, wirtschaftlich optimierte Strukturen zu schaffen und die klinische Wertschöpfungskette bestmöglich zu gestalten. Im Zentrum des Fokus liegt dabei die Umsetzung der Behandlungskette für Patienten. Wesentlich dafür ist einerseits die Erhöhung der Effektivität der Behandlung und die Steigerung der Effizienz von erbrachten Leistungen, andererseits auch die Verbesserung der Dienstleistungen an Patienten:¹¹⁶

- Verringerung bzw. Vermeidung von Doppeluntersuchungen
- Minimierung von stationären Aufenthalten
- Keine Fehlbelegungen
- Bestmögliche Auslastung investitions- und betriebskostenintensiver Ressourcen

¹¹⁵ Vgl. http://www.kaz.bmg.gv.at/fileadmin/user_upload/Betten/4_G_Betten_jeEW.pdf. Datum des Zugriffs: 14.06.2019

¹¹⁶ Vgl. HEINEN, P.: echselwirkungen zwischen medizinischen Prozessen und baulichen Strukturen im Krankenhausbau. <https://repository.publisso.de/resource/frt:3791433-1/data>. Datum des Zugriffs: 25.juni.2019

Der Prozess wird von vielen Komponenten unterstützt, die wichtigsten davon sind:

- Bauliche und logistische Strukturen im Hinblick auf eine effektive und effiziente Leistungserbringung
- Apparative Ausstattung und informations- und kommunikationstechnische Vernetzung
- Ausgereifte Personalkonzepte in Verbindung mit einer geeigneten Aufbau- und Ablauforganisation

Im folgenden Teil dieser Arbeit wird der Fokus vor allem auf die **bauliche Struktur** gelegt.

Das bauliche System¹¹⁷ einer Krankenanstalt bezeichnet die Gesamtheit aller baulichen und technischen Komponenten. Dazu zählen:¹¹⁸

- Das städtebauliche Grundprinzip
- Die einzelnen Bauwerke inklusive ihrer
 - Bauwerksstruktur
 - Grobelemente (Dach, Decke, Gründung etc.)
 - Innenraumausstattung und -struktur
 - gebäudetechnischen Anlagen
- Logistische Infrastruktur sowie die Verkehrsanlage
- Ver- bzw. Entsorgungsanlagen übergeordneter technischer Natur
- Freianlagen

Der Bauwerkstyp Krankenhaus zeichnet sich durch ein sehr breit gefächertes und komplexes Anforderungsprofil aus. Wohnen, Forschen, Lehre, Industrie, Lagerung und Administration gehören zu den vielen Funktionen, weshalb eine Krankenanstalt als Sonderimmobilie gesehen werden kann.¹¹⁹

Nach Neufert werden an diesen Gebäudetypus vor allem folgende Ansprüche gestellt:¹²⁰

- Flexibilität, worunter die Anpassungsfähigkeit des Gebäudes an geänderte Funktionen unter gleichbleibender Struktur tragender Bauteile verstanden wird.
- Variabilität, die als die Anpassungsfähigkeit durch änderbare, nichttragende und raumumschließende Bauteile gesehen wird.

¹¹⁷ Die Begriffe „bauliches System“ und „bauliche Substanz“ werden als Synonyme zu „bauliche Struktur“ verwendet

¹¹⁸ Vgl. HEINEN, P.: echselwirkungen zwischen medizinischen Prozessen und baulichen Strukturen im Krankenhausbau. <https://repository.publisso.de/resource/frl:3791433-1/data>. Datum des Zugriffs: 25.juni.2019

¹¹⁹ Vgl. NEUFERT, E.: BAUENTWURFSLEHRE. S. 484

¹²⁰ Vgl. NEUFERT, E.: BAUENTWURFSLEHRE. S. 484

- Erweiterbarkeit/Reduzierbarkeit, welche als die Anpassungsfähigkeit an wachsenden/reduzierten Raumbedarf definiert wird.

Die Einflussbereiche der baulichen Substanz sind jedoch weitaus breiter angesiedelt. Die Leistungsfähigkeit baulicher Strukturen einer Krankenanstalt kann als jener Grad bestimmt werden, um welchen Effizienz und Effektivität der klinischen Leistungserbringung durch das Vorliegen des baulichen Systems erhöht werden. Dieser Zusammenhang mit der Funktionalität und Wirtschaftlichkeit ist elementar und Grundlage jedes Gedankenganges bezüglich einer Weiterentwicklung der Sonderimmobilie Krankenhaus.¹²¹

Die räumlichen Strukturen beeinflussen Prozesse und Personal unmittelbar. Sie bestimmen in direkter Weise die Zuteilung der Betriebsstellen und Funktionseinheiten und somit auch die Funktions- und Wegebeziehungen zwischen den einzelnen Bereichen im Krankenhaus.

Aus personaltechnischer Sicht sind auch die Besetzung der unterschiedlichen Stützpunkte (z.B.: Notaufnahme, Pflegestützpunkt, Leitstelle uvm.), die Zusammenarbeit unterschiedlicher Spezialabteilungen (z.B.: Anästhesieteam für mehrere OP-Räume) und die Transportlogistik stark von der physischen Gestaltung und der Aufteilung der Räumlichkeiten abhängig.

Diese Wechselwirkungen können grafisch wie folgt veranschaulicht werden:

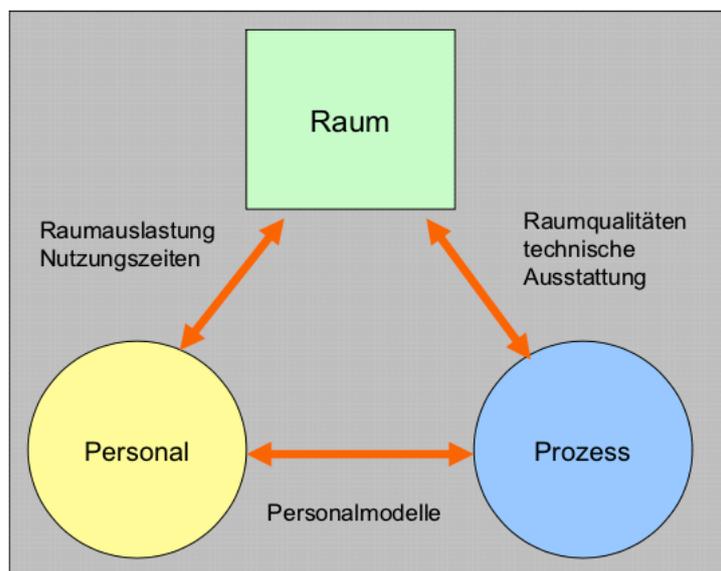


Abbildung 14 - Wechselwirkungen Raum - Personal - Prozess¹²²

¹²¹ Vgl. DAMKOWSKI, W.; MEYER-PANNWITT, U.; PRECHT, C.: Das Krankenhaus im Wandel: Konzepte, Strategien, Lösungen. S. 37

¹²² HEINEN, P.: Wechselwirkungen zwischen medizinischen Prozessen und baulichen Strukturen im Krankenhausbau. <https://repository.publisso.de/resource/frt:3791433-1/data>. Datum des Zugriffs: 27.Juni.2019

Des Weiteren sind geeignete Strukturen Grundvoraussetzung für die Erfüllung der Aufgaben des Krankenhauses, sprich für die medizinische Versorgung der Bevölkerung, die medizinische Forschung und die Lehre bzw. Weiterbildung.

Für eine angemessene Versorgung bedarf es eines großen Spektrums medizinischer Fertigkeiten, um für die komplexen Fragestellungen gerüstet zu sein. Bestenfalls wird dieses durch stetige und gezielte Erweiterung bzw. Vertiefung des Leistungsangebots, kombiniert mit der Schaffung neuer Bereiche und Verbesserung von vorhandenen Schwerpunkten erreicht. Somit kann sich die Gesundheitseinrichtung stets an aktuelle Marktsituationen anpassen und neueste Verfahren und Techniken etablieren.

Aus diesem Zusammenhang, nämlich dem Einfluss der baulichen Substanz auf den Prozessablauf und ihrer Wirkung auf die Erfüllung der Aufgaben einer Krankenanstalt, rührt die wesentliche Motivations- und Aktionsquelle für diese Arbeit her. Einerseits beeinflusst die bauliche Struktur Prozessabläufe und Prozessstrukturen wesentlich, andererseits ist ihre optimale Adaption an die Bedürfnisse aller betroffener Personen (sowohl die der Patienten als auch des Personals) von höchster Priorität.

Das bauliche System stellt das Umsystem dar, in welchem der Hauptprozess, die Gesundheitsdienstleistungen am Patienten, ablaufen. Systemeigenschaften, wie beispielsweise der Schallschutz oder der sommerliche Wärmeschutz, beeinflussen die Kernaufgaben maßgeblich und bilden die Basis, inwiefern persönliche Bedürfnisse von Patienten und Bediensteten befriedigt werden können.

2.2.4 Einflussfaktoren auf die bauliche Entwicklung

Die bauliche Entwicklung von Krankenhäusern wird von vier großen Einflussfaktoren gesteuert, welche bereits unter Kapitel 2.2.1 als endogene bzw. exogene Faktoren von Krankenanstalten bezeichnet worden sind:

- medizinische und technologische Entwicklungen
- demographische Entwicklung
- soziokulturelle Strömungen
- rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die aus diesen Bereichen ständig einwirkenden Veränderungen beeinflussen die organisatorischen Strukturen im Krankenhaus mittel- bzw. langfristig. Daraus entsteht wiederum ein abgeändertes Anforderungsprofil an die Krankenanstalten und deren bauliche Strukturen.

Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, wird im folgenden Kapitel bloß ein Einblick in die dem baulichen Prozess zugrunde liegenden

Wirkungen aufgezeigt. Die rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen wurden im Kapitel 2.2.2 genauer beschrieben.

Medizinische und technologische Faktoren

Wie für viele stark technologieabhängige Branchen zutreffend, sind auch für die Medizin aktuell beschleunigte Innovationszyklen¹²³ bezeichnend und geben den Takt vor. Abgesehen von dem Ziel, Patienten die bestmöglichen Behandlungsmöglichkeiten bieten zu können, resultieren diese aus der Wettbewerbssituation der Gesundheitseinrichtungen. Vor allem Universitätsklinika haben eine medizinische und technologische Pionierfunktion inne und müssen ihre Behandlungen an den Puls der Zeit anpassen.

Logische Konsequenz, aus der sich immer schneller weiterentwickelnden Technologie, ist, dass auch die Zulassungsverfahren und die tatsächliche Einführung in den klinischen Alltag in den letzten Jahren (wenn auch sicherlich nicht im selben Maße) stark beschleunigt wurden. Eine der Schattenseiten des Fortschritts ist jene, dass die Anwendung dadurch häufig in nicht angepassten baulichen Strukturen erfolgt.

Ein plakatives Beispiel, um den Einfluss medizinisch-technischer Fortschritte zu verdeutlichen, ist die Einführung der Narkosemedizin Mitte des 19. Jahrhunderts. Als Narkose wird ein medikamentös eingeleiteter Schlafzustand des Organismus verstanden, während welchem chirurgische, diagnostische und therapeutische Behandlungen ohne Schmerzempfindung oder Abwehrreaktion möglich sind.¹²⁴ Zweifelsfrei wurde durch diese Errungenschaft einerseits der Grundstein für die moderne Chirurgie gelegt und andererseits auch die baulichen Strukturen der medizinischen Stationen revolutioniert.

Demographische Faktoren

Die Demografie, zu Deutsch „Bevölkerungswissenschaft“, beschreibt die wirtschafts- und sozialpolitischen Bevölkerungsbewegungen.¹²⁵ Als Demographische Faktoren werden in diesem Zusammenhang verstanden:¹²⁶

- Die Geburtenrate
- Die Gesamtbevölkerungszahl
- Die Alterszusammensetzung der Bevölkerung
- Die Morbiditätsentwicklung

¹²³ Innovationszyklus: beschreibt jene Zeitspanne, welche benötigt wird, um eine neu eingeführte Technologie durch eine wiederum modernere zu ersetzen (Quelle: <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/innovationszyklus/innovationszyklus.htm>. Datum des Zugriffs: 2.07.2019)

¹²⁴ Vgl. <https://flexikon.doccheck.com/de/Narkose>. Datum des Zugriffs: 3.07.2019

¹²⁵ Vgl. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Demografie>. Datum des Zugriffs: 3.07.2019

¹²⁶ Vgl. HEINEN, P.: Wechselwirkungen zwischen medizinischen Prozessen und baulichen Strukturen im Krankenhausbau. <https://repository.publisso.de/resource/fri:3791433-1/data>. Datum des Zugriffs: 27.Juni.2019

Der Altersdurchschnitt der österreichischen Bevölkerung steigt. Lag dieser im Jahr 2009 noch bei 41,2 Jahren, ist er bis ins Jahr 2019 auf 42,8 Jahre angestiegen – Tendenz steigend.¹²⁷

Auch die Altersstruktur verändert sich in Österreich dahingehend, dass der Anteil über 65-Jähriger konstant zunimmt, das heißt von 17,4% im Jahr 2009 auf 18,8% im Jahr 2019 (siehe Abbildung 15). Eine Prognose prophezeit einen Anteil der über 65-Jährigen für das Jahr 2030 von 23,1%.¹²⁸

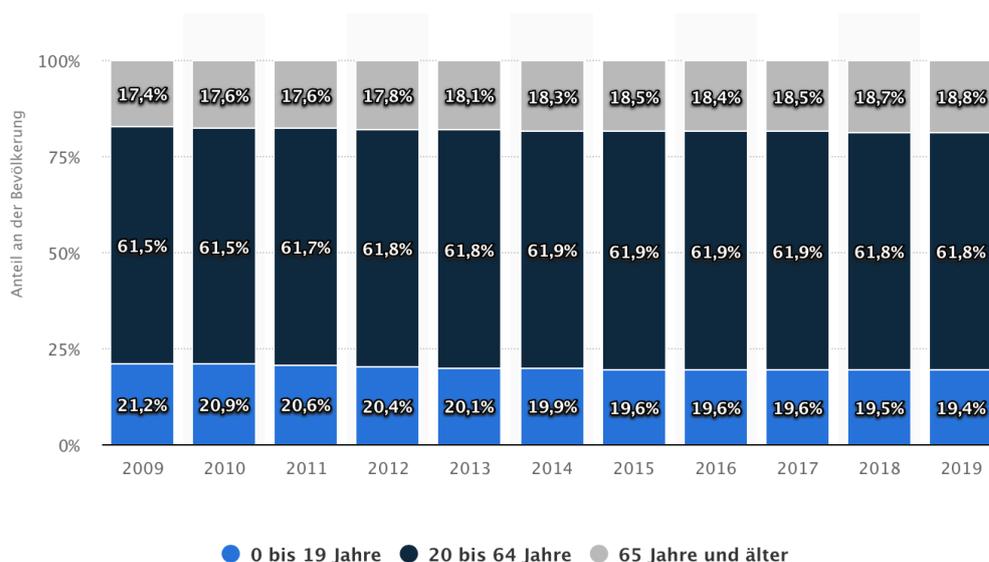


Abbildung 15 - Altersstruktur der österreichischen Bevölkerung¹²⁹

Diesem Alterungseffekt der Bevölkerung kann auch eine leicht steigende Kinderanzahl pro Frau nicht entgegenwirken (von 1,48 Kindern pro Frau in 2018 auf prognostizierte 1,55 Kindern pro Frau in 2030¹³⁰). Die absolute österreichische Bevölkerungszahl wird voraussichtlich von 8.837.000 in 2018 auf 9.299.000 in 2030 ansteigen.¹³¹

Die Erhaltung der Leistungsfähigkeit und Finanzierbarkeit des österreichischen Sozial- und Gesundheitssystems wird in Frage gestellt und öffentlich diskutiert. Mögliche politische Interventionen werden erwartet und könnten großen Einfluss auf die Gestaltung des Gesundheitswesens haben.

¹²⁷ Vgl. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/217730/umfrage/durchschnittsalter-der-bevoelkerung-in-oesterreich/>. Datum des Zugriffs: 3.07.2019

¹²⁸ Vgl. https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/index.html. Datum des Zugriffs: 3.07.2019

¹²⁹ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/217431/umfrage/altersstruktur-in-oesterreich/>. Datum des Zugriffs: 3.07.2019

¹³⁰ Vgl. https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/index.html. Datum des Zugriffs: 3.07.2019

¹³¹ Vgl. https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/index.html. Datum des Zugriffs: 3.07.2019

Bezüglich der Morbidität¹³² in Österreich gibt es folgende Datenlage aus einer Gesundheitsbefragung aus dem Jahr 2014:

„Mehr als ein Drittel der Bevölkerung im Alter von 15 Jahren und mehr (2,6 Mio. Personen) gab an, eine dauerhafte Krankheit oder ein chronisches Gesundheitsproblem zu haben (1,2 Mio. Männer, 1,4 Mio. Frauen). Chronische Gesundheitsprobleme nehmen mit dem Alter deutlich zu, wobei Frauen in allen Altersgruppen stärker betroffen sind als Männer [...]. Während jeder sechste junge Mann bzw. jede fünfte junge Frau ein dauerhaftes gesundheitliches Problem hatte (126.000 Männer, 147.000 Frauen), traf dies auf mehr als die Hälfte der über 74-Jährigen zu (144.000 Männer, 225.000 Frauen).

Verglichen mit den Ergebnissen von 2006/07 zeigte sich 2014 vor allem bei den Männern ein Rückgang der Belastung durch chronische Krankheiten (altersstandardisiert). Der Anteil der Männer mit einer selbstwahrgenommenen chronischen Erkrankung sank von 37% in 2006/07 auf 34% in 2014, bei den Frauen von 40% auf 39%.“¹³³

Die häufigsten Krankheiten, welche bei dieser Befragung angegeben wurden sind:¹³⁴

- Chronische Kreuzschmerzen
- Chronische Nackenschmerzen
- Allergien
- Bluthochdruck
- Arthrose
- Diabetes Mellitus
- Depression
- Chronische Kopfschmerzen

Wie aus der Umfrage ersichtlich, nehmen chronische Erkrankungen bei älteren Menschen deutlich zu. Des Weiteren entspricht es der Realität, dass betagte Personen häufig mehrfach erkranken, was als Multimorbidität verstanden wird.¹³⁵

¹³² Die Morbidität ist eine Kennzahl, welche darüber informiert, wie viele Personen einer Bevölkerung in einem bestimmten Zeitraum an einer bestimmten Erkrankung litten. (Quelle: <https://flexikon.doccheck.com/de/Morbidität>. Datum des Zugriffs: 4.07.2019)

¹³³ http://statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/gesundheit/gesundheitszustand/chronische_krankheiten/index.html#index1. Datum des Zugriffs: 4.07.2019

¹³⁴ http://statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/gesundheit/gesundheitszustand/chronische_krankheiten/index.html#index1. Datum des Zugriffs: 4.07.2019 Vgl.

¹³⁵ Vgl. <https://flexikon.doccheck.com/de/Multimorbidität>. Datum des Zugriffs: 4.07.2019

Die Auswirkungen dieser Entwicklung liegen auf der Hand:

- Zunahme von Diagnostik- und Behandlungsprozessen
- Zunahme von Aufwendungen im Pflegebereich von älteren Patienten
- Abnahme von Therapieerfolgen und verlängerte Behandlungsperioden aufgrund von Multimorbidität

Durch eine alternde Bevölkerung nehmen somit die Kosten des Gesundheitswesens stark zu, da sich ältere Personen öfter in Krankenanstalten zu Behandlungszwecken befinden. Diese Erscheinung wird als Medikalisierungsthese bezeichnet.¹³⁶ Um betagten Patienten und multimorbiden Personen eine angemessene Pflege und Behandlung ermöglichen zu können, muss beispielsweise auch die stationäre Gestaltung der Krankenhäuser angepasst werden.

Soziokulturelle Faktoren

Als soziokulturelle Faktoren werden gesellschaftliche Strömungen und Wertehaltungen gesehen, deren Einfluss auf die Entwicklung der Krankenanstalten und des Gesundheitswesens im Allgemeinen nicht unterschätzt werden darf.

Ein sehr eindrucksvolles Beispiel liefert hier zum Beispiel die historische Entstehungsgeschichte von Krankenhäusern an sich:

Die ärztliche Heilkunst kann bis ins alte Ägypten zurückverfolgt werden, selbst bei noch früheren, primitiven Kulturen konnte Wissen bezüglich Gesundheit, Krankheit und Heilung nachgewiesen werden. Dennoch wird das Entstehen von Krankenhäusern mit der Verbreitung des Christentums in Verbindung gebracht. Weder in der griechischen noch in der römischen Hochkultur wurden Spitäler errichtet.¹³⁷

Aktuelle Entwicklungen, welche das Gesundheitswesen stark beeinflussen sind:¹³⁸

- Der Zugang zu Fachwissen, insbesondere medizinischem Fachwissen, ist durch moderne Medien und online Plattformen nahezu für jeden möglich. Patienten sehen sich als Kunden von Gesundheitsdienstleistungen und haben durch selbst angeeignetes Wissen eine veränderte Anspruchshaltung gegenüber der medizinischen Leistungserbringung.
- Damit einhergehend haben Patienten auch eine zunehmend kritische Haltung gegenüber Behandlungsmethoden. Behandlungsal-

¹³⁶ Vgl. <https://www.enzyklo.de/Begriff/Medikalisierungsthese>. Datum des Zugriffs: 4.07.2019

¹³⁷ Vgl. JETTER, D.: Das europäische Hospital. Von der Spätantike bis 1800. S. 17

¹³⁸ Vgl. <https://flexikon.doccheck.com/de/Alternativmedizin>. Datum des Zugriffs: 5.07.2019

ternativen werden im Vorfeld online nachgeschlagen und das Gesundheitsversorgungssystem muss sich an individuelle Wünsche anpassen (z.B.: Vermeidung von Röntgenstrahlung).

- Auch ein Trend in Richtung alternativer Heilungsmethoden ist erkennbar, welche als Alternative bzw. Ergänzung zur wissenschaftlich ergründeten Medizin verstanden wird.

Diese soziokulturellen Faktoren verändern den medizinischen Alltag dahingehend, dass eine Absicherung von Therapiekonzepten und eine Minimierung späterer Haftungsforderungen nur dann möglich ist, wenn Qualitätsstandards genauestens verfolgt und kontinuierlich weiterentwickelt werden. Auch die Dokumentation ist eine Thematik, die das Gesundheitswesen und vor allem den Klinikalltag stark verändert.

Dennoch ist die Qualität des Behandlungsprozesses schon seit geraumer Zeit nicht alleiniger Faktor, um die Erwartungen und Bedürfnisse der Patienten zu erfüllen. Weitere wichtige Anforderungen sind:

- Absolute Transparenz von medizinischen Prozessen
- Dauerhafte und intensive Betreuung während des medizinischen Ablaufs
- Attraktive und qualitativ hochwertige Ausstattung und Gestaltung der Krankenanstalt bezüglich des Serviceangebots und der Unterbringung

Vor allem der letzte Punkt wird im Zeitalter der Zusatzversicherung von immer größer werdender Wichtigkeit. Patienten erwarten während des Aufenthalts ein hohes Maß an Komfort und Serviceleistungen, was wiederum bauliche Veränderungen und Anpassungen mit sich bringt und die Wertschöpfungskette der Krankenanstalten erweitert.¹³⁹

2.2.5 Healing Environment

Der Healing Environment Ansatz ist ein ganzheitliches Gesundheitskonzept, welches sich zum Ziel gemacht hat, Patienten während des Genesungsprozesses in Krankenanstalten möglichst keinen bzw. wenigen Stressfaktoren auszusetzen. Ein besonderes Augenmerk wird deshalb auf die Individualität der Hilfesuchenden inklusive ihrer unterschiedlichen Haltungen (z.B.: Persönlichkeitsstruktur, Einstellung gegenüber der Krankheit, soziale Stellung, geistige Aufnahmefähigkeit) und Erwartungen hinsichtlich einer menschenwürdigen Behandlung gelegt. Dadurch wird das

¹³⁹ Vgl. HILBERT, J.; FRETSCHE, R.; DÜLBERG, A.: Rahmenbedingungen und Herausforderungen der Gesundheitswirtschaft. <https://www.iat.eu/aktuell/veroeff/ds/hilbert02b.pdf>. Datum des Zugriffs: 16.Juni.2019

Wohlbefinden der betroffenen Personen erhöht und der Heilungsprozess beschleunigt.¹⁴⁰

Es können bezüglich des Healing Environment Ansatzes drei Grundsätze als Basis gesehen werden, welche folgend aufbereitet werden:

Erster Ansatzpunkt sind die empirisch erhobenen Daten, nach welchen jeder Patient während eines Krankenhausaufenthalts erhöhten, gesundheitsgefährdenden Risiken ausgesetzt ist, welche durch verbesserte Organisation, Einstellung und Verhalten vermeidbar wären. Beispiele dafür sind die hohen Inzidenzen¹⁴¹ postoperativer Wundinfektionen, welche je nach Art von Operation zwischen 0,1% (bei Mastektomie¹⁴²) und 10,1% (bei Operationen am Dickdarm) liegen.¹⁴³ Des Weiteren liegt die Inzidenz der Pneumonie bei Patienten, welche sich mehr als zwei Tage stationär im Krankenhaus aufhalten, in Österreich bei 4,9%.¹⁴⁴ Auch Patientensterbe, unerkannte Dehydrierungen oder beispielsweise unkontrollierte Medikamenteneinnahmen verursachen Komplikationen, die den Genesungsprozess nachhaltig negativ beeinflussen.

Zusätzlich dazu wird im Healing Environment Ansatz versucht, der Beobachtung gegenzusteuern, dass Diagnose- und Therapieprozess meist aus Kostengründen nicht optimal bezüglich Schmerzfreiheit, kurzer Verweildauer, rascher Erholung und Angstfreiheit durchgeführt werden. Der angestrebte Prozess wird Fast Track Surgery genannt und besteht aus den Komponenten minimal-invasive Eingriffsmethoden, optimales Schmerzmanagement, bestmögliche Anästhesiesteuerung und Ablaufsteuerung.¹⁴⁵

Das letzte Grundprinzip stellt die Psyche, das Wohlbefinden und vor allem die Wirkung des Milieus auf den menschlichen Körper in den Mittelpunkt der Betrachtung und ist somit in Bezug auf diese Arbeit das wichtigste Prinzip und wird folgend genauer aufbereitet.

¹⁴⁰ Vgl. VON EIFF, W.; VON EIFF, M. C.: Healing Environment - Neuer architektonischer Ansatz: Heilungsfördernde Umgebung. <https://www.hcm-magazin.de/healing-environment/150/10994/203235/1>. Datum des Zugriffs: 02.August.2019

¹⁴¹ Inzidenz: ist ein Ausdruck aus der Statistik, der die Häufigkeit von Neuerkrankungen angibt (Quelle: <https://flexikon.doccheck.com/de/Inzidenz>. Datum des Zugriffs: 02.08.2019)

¹⁴² Mastektomie: beschreibt die ein- oder beidseitige Entfernung der Brust (Quelle: <https://flexikon.doccheck.com/de/Mastektomie>. Datum des Zugriffs: 02.08.2019; <https://flexikon.doccheck.com/de/Compliance>. Datum des Zugriffs: 04.08.2019)

¹⁴³ Vgl. PRESTERL, E. et al.: Gesundheitssystem-assoziierte Infektionen in Österreich 2016. [https://www.sozialministerium.at/cms/site/attachments/6/1/8/CH3962/CMS1499262064835/final_hai-bericht_2016_-_stand_04062018_\(veroeffentlichung_2019\).pdf](https://www.sozialministerium.at/cms/site/attachments/6/1/8/CH3962/CMS1499262064835/final_hai-bericht_2016_-_stand_04062018_(veroeffentlichung_2019).pdf). Datum des Zugriffs: 02.August.2019

¹⁴⁴ Vgl. PRESTERL, E. et al.: Gesundheitssystem-assoziierte Infektionen in Österreich 2015. https://www.sozialministerium.at/cms/site/attachments/6/1/8/CH3962/CMS1499262064835/hai_bericht2015_web_20170330.pdf. Datum des Zugriffs: 02.August.2019

¹⁴⁵ Vgl. VON EIFF, W.; VON EIFF, M. C.: Healing Environment - Neuer architektonischer Ansatz: Heilungsfördernde Umgebung. <https://www.hcm-magazin.de/healing-environment/150/10994/203235/1>. Datum des Zugriffs: 02.August.2019

Abbildung 16 - Komponenten des Healing Environment¹⁴⁶

Häusliches und therapeutisches Milieu

Personen, die sich zur Behandlung in eine Krankenanstalt begeben, verlassen ganz oder teilweise ihr natürliches und soziales Umfeld, das sogenannte häusliche Milieu, und werden in das therapeutische Milieu eingliedert. Letzteres zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass durch eine bewusste Strukturierung der Umwelt in Kombination mit gezielten therapeutischen Maßnahmen ein positiver Einfluss auf den aktuellen Erkrankungszustand genommen wird. Lässt man die intensivmedizinische Betreuung und die Notfallüberwachung außer Acht, kann bei vielen Patienten die Aufnahme in ein therapeutisches Milieu und die Ausgliederung aus ihrer häuslichen Umwelt ein gewichtiger Grund für eine stationäre Behandlung sein.¹⁴⁷ Somit wird das Milieu nicht nur als Rahmenbedingung aller Leistungsprozesse gesehen, sondern als eigenständiges therapeutisches Instrument.

Ein therapeutisches Milieu bietet eine sichere Umgebung, in welcher dem Patienten Fachpersonal ständig zur Verfügung steht. Es ist aber nicht nur Kontakt zum ärztlichen und pflegerischen Personal möglich, sondern auch zu anderen hilfesuchenden Personen, wodurch eine Gruppenbildung eingeleitet wird. Diese Gruppenbildung wird im Idealfall durch ein kollegiales Arzt-Patienten-Verhältnis professionell begleitet, sodass sich Patienten mit gleichen oder ähnlichen Beschwerden kennenlernen, sich gegenseitig

¹⁴⁶ VON EIFF, W.; VON EIFF, M. C.: Healing Environment - Neuer architektonischer Ansatz: Heilungsfördernde Umgebung. <https://www.hcm-magazin.de/healing-environment/150/10994/203235/1>. Datum des Zugriffs: 02. August. 2019

¹⁴⁷ Vgl. LINDEN, M.: Therapeutisches Milieu: Healing Environment in medizinischer Rehabilitation und stationärer Behandlung. S. 1-10

unterstützen und motivieren und bestenfalls auch längerfristige, therapeutisch förderliche Kontakte entstehen (Förderung der Selbsthilfe). Dies steigert die Selbstverantwortung und die Compliance¹⁴⁸ der Patienten und mobilisiert Selbstheilungskräfte. Außerdem werden die Betroffenen aufgeschlossener gegenüber Veränderungen und die Bereitschaft zu einer Lebensstilanpassung hinsichtlich einer gesundheitsfördernden und bewussteren Lebensweise wird erhöht.

Die Vorgabe von individuell angepassten Aktivitätsniveaus und einer Tagesstruktur ist grundlegend, das Stellen von Anforderungen an die Patienten (z.B.: regelmäßige körperliche Betätigung, Verpflichtung zur Pünktlichkeit) bietet innerhalb eines sicheren Rahmens die Möglichkeit zur Selbsterprobung. Dadurch wird dem therapeutischen Milieu vor allem eine große sozialmedizinische Bedeutung zugewiesen, welche den Heilungsverlauf begünstigen soll.

Um dieses geschützte Umfeld auch tatsächlich bieten zu können und eine möglichst optimierte Personen-Umwelt-Kongruenz (siehe Kap. 2.1.2) zu erzielen, bedarf es, dass Krankenanstalten nicht nur die Bereitstellung von therapeutischen Maßnahmen sicherstellen, sondern auch ein großes Maß an elementaren Wohnbedürfnissen befriedigen. Dazu zählen unter anderem die Gewährung von Privatsphäre, das Ermöglichen von Sozialkontakten, Kontinuität und Raum für Selbstverwirklichung.¹⁴⁹ Auch die Reduktion des Geräuschpegels, eine gesundheitsförderliche und ablenkende Raum- und Außenbereichsgestaltung (z.B.: Kunst), gewährleisteter virtueller und/oder physischer Zugang zur Natur (Bäume, Pflanzen, Wasser etc.), sowie nach dem persönlichen Ermessen einstellbare Licht- und Luftquellen spielen diesbezüglich eine Rolle.¹⁵⁰

In der Psychiatrie hat die Beschäftigung mit dem therapeutischen Milieu eine lange Geschichte. Vor allem der Aufschluss über Infektionen in Krankenanstalten im 19. Jahrhundert machten deutlich, dass es beim Bau von Kliniken eine sowohl baulich als auch organisatorisch überlegte Gestaltung bedurfte. Seit dem 20. Jahrhundert gibt es Bemühungen, Krankenhausumwelten nicht nur „nicht schädlich“ zu errichten, sondern wohltuend, heilend und möglichst den Behandlungsverlauf bekräftigend.¹⁵¹ Dieser Trend mündet nun im Healing Environment Ansatz.

Grundsätzlich können Umgebungsbedingungen einen pathogenen oder salutogenen Einflussfaktor darstellen. Das betrifft sowohl das häusliche als auch das therapeutische Milieu. Sie können Schutz vor mentalen oder

¹⁴⁸ Vgl. Patientcompliance: Mitarbeit bzw. Therapietreue von Patienten (Quelle: <https://flexikon.doccheck.com/de/Compliance>. Datum des Zugriffs: 04.08.2019)

¹⁴⁹ Vgl. FLADE, A.: Gestaltung von Umwelt. In: Psychologie in Gesellschaft, Kultur und Umwelt. S. 333-339

¹⁵⁰ Vgl. BLOMKVIST, V. et al.: Acoustics and psychosocial environment in intensive coronary care. <https://oem.bmj.com/content/oemed/62/3/e1.full.pdf>. Datum des Zugriffs: 06.August.2019

¹⁵¹ Vgl. DASCHNER, F. et al.: Praktische Krankenhaushygiene und Umweltschutz. S. 1ff

physikalischen Beanspruchungen bieten, Rückzugsmöglichkeiten offerieren und eine therapeutische Unterstützung darstellen. Andererseits können psychische Belastungen durch Pflichten und Anforderungen entstehen, soziale Spannungen bzw. gesellschaftliche Isolation aufkommen oder es können sich widrige wohnliche oder physikalische Umstände ergeben.¹⁵² Genau dieser Aspekt des Healing Environment stellt den Berührungspunkt mit der Thematik der vorliegenden Arbeit dar.

Zusammenfassend bedeutet dies, dass Verhaltensweisen, Wohlbefinden und Genesungsfortschritt von Personen, abgesehen von der rein medizinischen Versorgung, bedeutsam von physikalischen Umweltfaktoren (v.a. Raumtemperierung, Geräuschpegel und Gerüche), den architektonischen Gestaltungen (v.a. Rückzugsmöglichkeiten, Platzverhältnisse, Kontaktmöglichkeiten) und den städtebaulichen Aspekten (Lage, Nachbarschaft, Verkehrsanbindung) beeinflusst und gesteuert werden.¹⁵³ Ein ganzheitliches therapeutisches Milieu schafft Gewohnheiten und Organisationshilfen, die Patienten ein vertrautes Umfeld schaffen. Dadurch kann einerseits eine Erkrankung rascher akzeptiert und der Umgang mit dieser erlernt werden und andererseits die Patientencompliance erhöht werden. Diese Parameter sind für die Krankenanstalten somit von großer Wichtigkeit und haben direkten Einfluss auf medizinische Parameter. Die positiven Folgen dieses Ansatzes liegen auf der Hand:

- *„schnellere subjektiv erlebte Genesung und Mobilität,*
- *kürzere Verweildauer,*
- *niedrigere Kosten für Krankenhaus und Patient,*
- *höhere Patienten- und Mitarbeiterzufriedenheit.“¹⁵⁴*

¹⁵² Vgl. LINDEN, M.: Therapeutisches Milieu: Healing Environment in medizinischer Rehabilitation und stationärer Behandlung. S. 1-10

¹⁵³ Vgl. LINDEN, M. et al.: Das ökologisch-therapeutische Milieu in der stationären Behandlung. In: Psychotherapie, Psychosomatik, Medizinische Psychologie, 56/2016. S. 390-369

¹⁵⁴ VON EIFF, W.; VON EIFF, M. C.: Healing Environment - Neuer architektonischer Ansatz: Heilungsfördernde Umgebung. <https://www.hcm-magazin.de/healing-environment/150/10994/203235/1>. Datum des Zugriffs: 02.August.2019

2.3 Grundlagen zur Bauphysik

Die Bauphysik ist ein Arbeitsgebiet, das auf naturwissenschaftlichen Grundlagen basiert. Die unterschiedlichen Disziplinen haben sich zum Ziel gemacht, einen funktionsfähigen und wirtschaftlichen Baukörper zu erstellen, alle auf das Bauwerk einwirkenden physikalischen Kräfte zu kontrollieren bzw. abzuwehren und das Gebäude vor zerstörerischen Einflüssen zu schützen. Außerdem zählt es zu den Kernaufgaben der Bauphysik, ein für die Nutzung behagliches Raumklima zu schaffen, selbst wenn es zu extremen äußeren Umweltbedingungen kommt.¹⁵⁵

Die Bauphysik ist ein interdisziplinäres Arbeitsgebiet, in welchem die Zusammenarbeit von Naturwissenschaften, Technik, Wirtschaft, Medizin und Sozialwissenschaften gefordert wird. Sie kann in vier Grundpfeiler gegliedert werden:

- Wärmeschutz
- Feuchteschutz
- Schallschutz
- Brandschutz

Zusätzlich zu diesen „klassischen“ Disziplinen der Bauphysik gibt es noch den Themenkreis der Gebäudetechnik, der unweigerlich in jede bauphysikalische Planung miteingebunden werden muss und somit mit der Bauphysik verschmilzt. Das ist auch der Grund, weshalb oft der Begriff der Gebäudephysik verwendet wird.

In den nachfolgenden Kapiteln wird aufgrund der Relevanz für diese Arbeit ausschließlich auf den Schallschutz eingegangen.

2.3.1 Schallschutz

Hinsichtlich einer Bewertung von Gebäuden bzw. Räumen stellen die Luftschalldämmung, die Trittschalldämmung und die Raumakustik, welche als die drei Hauptsäulen des Schallschutzes zu sehen sind, wesentliche Qualitätskriterien dar. Geräusche bzw. Lärm werden von Menschen unterschiedlich wahrgenommen und können als gar nicht störend bis hin zu sehr belastend empfunden werden. Diese subjektive Wahrnehmung kann so weit gehen, dass sie sich negativ auf das Wohlbefinden und die Gesundheit des Einzelnen auswirkt, Lärm ist ein wichtiger Einflussparameter im Bereich der öffentlichen Gesundheit. Häufig können sich Menschen zwar an einen bestimmten Lärm gewöhnen, jedoch kommt es reaktiv meist zu einer Überempfindlichkeit gegenüber anderen Lärmarten.¹⁵⁶

¹⁵⁵ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 1f

¹⁵⁶ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 89

Abgesehen von den subjektiven Wahrnehmungen gegenüber Lärm, wird die Installation von Schallschutzmaßnahmen dadurch erschwert, dass sich diese Empfindungen im Laufe eines Menschenlebens unter Umständen ändern, Lärm kann in unterschiedlichen Lebensphasen mannigfaltig „ertragen“ werden.

Ziel des Schallschutzes ist es, akustische Behaglichkeit zu schaffen, sprich, Lärm, welcher Menschen physisch, psychisch, sozial und ökonomisch negativ beeinflussen kann, zu vermeiden. Er umfasst alle Mittel der Lärmbekämpfung und ist Teil des Immissionsschutzes¹⁵⁷.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist es von großer Wichtigkeit, zunächst jene Situationen zu erörtern, in denen Schall als Lärm empfunden wird. Eine große Bedeutung kommt diesbezüglich den Ruhephasen (insbesondere der Nacht), aber auch den Konzentrationsphasen während des Alltags eines Menschen zu. Wenn sich der menschliche Körper bereits im Freien dem ständigen Lärm der städtischen Umwelt (Fluglärm, Straßen- und Schienenverkehrslärm, Industrielärm) ausgesetzt sieht, kommt einer behaglichen Geräuschkulisse, sowohl am Arbeitsplatz als auch im privaten Heim eine besondere Bedeutung zu.¹⁵⁸

In diesem Zusammenhang wurden unter anderem von der WHO Grenzwerte erarbeitet, die einerseits definieren, unter welcher Dauerschallbelastung eine qualitativ hochwertige Nacht-Ruhephase gewährleistet werden kann und andererseits, ab welcher Schallbelastung langfristig mit gesundheitsschädlichen Folgen zu rechnen ist. Diese Grenzwerte werden in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet:

Tabelle 3 - Schallpegelgrenzwerte der WHO ^{159, 160}

Umwelt unter Dauerschallbelastung	Schallpegel
Ungestörte Nachtruhephase	< 30 dB
Unruhiger Schlaf (individuelles Empfinden)	30 – 55 dB
Gestörter Schlaf mit kardiovaskulärem Risiko	> 55 dB
Gestörte Konzentration am Arbeitsplatz	> 35 dB

¹⁵⁷ Immissionsschutz: alle Bestrebungen Immissionen für Mensch und Umwelt auf ein langfristig verträgliches Maß zu begrenzen (Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/umweltrecht/immissionsschutzrecht#textpart-1>. Datum des Zugriffs: 10.09.2019)

¹⁵⁸ Vgl. SCHULTE-FORTKAMP, B.: Lärm bzw. Schallwirkung auf den Menschen und die Notwendigkeit des Schallschutzes in Gebäuden. In: Bauphysik Kalender 2014, 2014, S. 8f

¹⁵⁹ Vgl. WHO REGIONAL OFFICE FOR EUROPE: Night Noise Guidelines for Europe (A EURO Publication). wissenschaftlicher Bericht. S. 108

¹⁶⁰ Vgl. <https://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoise-4.pdf>. Datum des Zugriffs: 02.10.2019

Zumal es im Bereich des Schallschutzes viele Schallquellen gibt, die sich gegenseitig beeinflussen und deren Schallpegel sich gegenseitig energetisch aufaddieren, werden Schallquellen grundsätzlich nach den Entstehungsorten aufgegliedert. Somit gibt es:¹⁶¹

- Emissionen außerhalb des Gebäudes
- Emissionen innerhalb des Gebäudes und
- Emissionen aus dem Gebäude ins Freie

Folglich werden in der ÖNORM B 8115 – 2:2006 12 01 gebietsbezogene Planungsrichtwerte bezüglich der Schallimmissionen aufgestellt, mit dem Ziel, die Basis für einen zweckmäßigen Schallschutz zu schaffen.¹⁶² Nachfolgend werden die Immissionsgrenzwerte, bei welchen zwischen „bei Tag“ und „bei Nacht“ unterschieden wird, angeführt:

Tabelle 4 - Planungsrichtwerte für gebietsbezogene Schallimmissionen gemäß ÖNORM B 8115 – 2:2006¹⁶³

Planungsrichtwerte für gebietsbezogene Schallimmissionen			
Bauland-Kategorie	Gebiet	A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel, $L_{A,eq}$	
		dB	
		bei Tag	bei Nacht
1	Ruhegebiet, Kurgebiet	45	35
2	Wohngebiet in Vororten, Wochenendhaus-Gebiet, ländliches Wohngebiet	50	40
3	städtisches Wohngebiet, Gebiet für Bauten land- und forstwirtschaftlicher Betriebe mit Wohnungen	55	45
4	Kerngebiet (Büros, Geschäfte, Handel und Verwaltung ohne Schallemission sowie Wohnungen), Gebiet für Betriebe ohne Schallemission	60	50
5	Gebiet für Betriebe mit geringer Schallemission (Verteilung, Erzeugung, Dienstleistung, Verwaltung)	65	55

Wie in vielen Bereichen der Bauausführung kommt vor allem der grundlegenden Planung eines Gebäudes eine außerordentliche Bedeutung zu. Es empfiehlt sich, dementsprechend auch bei den Raumanforderungen den Schallschutz günstig zu beeinflussen und keinesfalls unvorteilhafte Konstellationen hinsichtlich der Raumanordnung hervorzurufen. Natürlich dürfen auch weitere Aspekte, wie beispielsweise die Raumausstattung, die Einrichtung, aber auch das menschliche Verhalten und diverse Lebensgewohnheiten nicht außer Acht gelassen werden.¹⁶⁴

Um während der Planung festgelegte Schallschutzanforderungen und darauf abgestimmte Schallschutzmaßnahmen bestmöglich miteinbeziehen

¹⁶¹ Vgl. WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 8.28ff

¹⁶² Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGsinSTITUT: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 6

¹⁶³ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGsinSTITUT: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 6

¹⁶⁴ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 89

zu können, ist es notwendig, über die Art des Lärms, dessen Charakteristik und Störwirkung auf den Menschen möglichst genaue Kenntnisse zu erlangen. Zwar ist die rein messtechnische Erhebung von Schallpegeln kein großes Hindernis, doch die Interpretation der erworbenen Daten hinsichtlich ihrer Lärmbelastigung und ihrer Beeinflussung gegenüber einem Menschen stellt meist eine sehr schwierige Herausforderung dar, welche viel Erfahrung in diesem Arbeitsbereich voraussetzt.¹⁶⁵

Aus diesem Grund werden in der ÖNORM B 8115 – 5:2012 04 01 die Schallschutzklassen A – E (Klasse A stellt die höchste Schallschutzklasse dar) für unterschiedliche Anforderungen beschrieben, mit welchen sowohl schallintensive Wohnaktivitäten, als auch erhöhte Schallimmissionen aus benachbarten Nutzungseinheiten bzw. von außen berücksichtigt werden.¹⁶⁶ Diese werden folgendermaßen definiert:¹⁶⁷

- **Schallschutzklasse A:** Gewährleistung des höchsten Nutzungsanspruchs zwischen Nutzungseinheiten. Selbst angeregte Unterhaltungen sind bei geringen Hintergrundgeräuschen in der benachbarten Nutzungseinheit nicht verstehbar, sie können allerdings hörbar sein. Gegenüber der Schallschutzklasse B ist vor allem der Luft- und Trittschallschutz gegenüber den tieffrequenten Anteilen verbessert.
- **Schallschutzklasse B:** Bei normaler Nutzung der Räumlichkeit sind grundsätzlich keine akustischen Störungen aus den benachbarten Nutzungseinheiten zu erwarten. Bei der Luftschalldämmung wird ein erweiterter Frequenzbereich zum Schutz vor tieffrequenten Schallanteilen berücksichtigt.
- **Schallschutzklasse C_R:** Diese Schallschutzklasse kommt vor allem bei Reihenhäusern zur Anwendung. Der Schutz von normal empfindlichen Menschen gegenüber störender Luft- und Trittschalleinwirkung bei üblichem Verhalten in benachbarten Nutzungseinheiten wird soweit sichergestellt, wie er von Reihenhäusnutzern mindestens erwartet werden kann.
- **Schallschutzklasse C:** Der Schutz von normal empfindlichen Menschen gegenüber störender Luft- und Trittschalleinwirkung bei üblichem Verhalten in benachbarten Nutzungseinheiten wird sichergestellt. Diese Klasse entspricht jenem Schallschutz, der im Rahmen der ÖNORM B 8115 – 2 beschrieben wird.

¹⁶⁵ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 90

¹⁶⁶ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 8115 - 5:2012 04 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 5: Klassifizierung. S. 4f

¹⁶⁷ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 8115 - 5:2012 04 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 5: Klassifizierung. S. 4f

- Schallschutzklasse D:** Der Schutz von normal empfindlichen Menschen gegenüber störender Luft- und Trittschalleinwirkung bei üblichem Verhalten in benachbarten Nutzungseinheiten wird nicht immer ausreichend gewährleistet. Akustische Störungen sind auch bei Rücksichtnahme nicht auszuschließen, Vertraulichkeit kann nur in geringem Maße erwartet werden.
- Schallschutzklasse E:** Der Schutz von normal empfindlichen Menschen gegenüber störender Luft- und Trittschalleinwirkung bei üblichem Verhalten in benachbarten Nutzungseinheiten wird in der Regel nicht sichergestellt. Akustische Störungen sind auch bei Rücksichtnahme nicht auszuschließen, Vertraulichkeit kann nicht erwartet werden.

Tabelle 5 - Klassifizierung des Luftschallschutzes zwischen Räumen gemäß ÖNORM B 8115 – 5:2012 04 01 ¹⁶⁸

Klassifizierung des Luftschallschutzes zwischen Räumen							
Luftschalldämmung ^a	Klasse A	Klasse B	Klasse C _R	Klasse C	Klasse D	Klasse E	Zeile
	„hoher Komfort“	„Komfort“	„Standard Reihenhaus“ ^b	„Standard“ ^b	„gering“	„sehr gering“ oder „keine Leistung festgestellt“	
dB							
Luftschalldämmung zwischen Nutzungseinheiten bzw. zu Aufenthaltsräumen von Treppenhäusern, Aufzügen, Kellerräumen und Gemeinschaftsräumen	$D_{nT,w} + C_{50-3150} \geq 60$	$D_{nT,w} + C_{50-3150} \geq 55$	$D_{nT,w} \geq 60$	$D_{nT,w} \geq 55$	$D_{nT,w} \geq 50$	$D_{nT,w} < 50$	1
wie Zeile 1, jedoch mit Verbindung durch eine Türe, ein Fenster o. dgl. unmittelbar in Aufenthaltsräumen	$D_{nT,w} + C_{50-3150} \geq 60$	$D_{nT,w} + C \geq 50$	–	$D_{nT,w} \geq 50$	$D_{nT,w} \geq 45$	$D_{nT,w} < 45$	2
Luftschalldämmung zu Aufenthaltsräumen innerhalb von Nutzungseinheiten, auch im Einfamilienhaus ^c	$D_{nT,w} + C_{50-3150} \geq 45$ mit Türe: ≥ 35	$D_{nT,w} \geq 45$ mit Türe: ≥ 35	–	–	–	–	3

^a zu Nebenräumen gelten um 5 dB verminderte Anforderungen
^b entspricht den Mindestanforderungen gemäß ÖNORM B 8115-2
^c Diese Räume sind gesondert festzulegen.

Tabelle 6 - Klassifizierung des Trittschallschutzes gemäß ÖNORM B 8115 – 5:2012 04 01 Teil 1¹⁶⁹

Klassifizierung des Trittschallschutzes								
Trittschalldämmung ^a		Klasse A	Klasse B	Klasse C _R	Klasse C	Klasse D	Klasse E	Zeile
		„hoher Komfort“	„Komfort“	„Standard Reihenhaus“ ^b	„Standard“ ^b	„gering“	„sehr gering“ oder „keine Leistung festgestellt“	
dB								
zu Aufenthaltsräumen aus Räumen angrenzender Nutzungseinheiten	$L'_{nT,w}$	≤ 38	≤ 43	≤ 43	≤ 48	≤ 53	> 53	1a
	$L'_{nT,w} + C_1$	≤ 43	≤ 43	–	–	–	–	1b
	$L'_{nT,w} + C_{1, 50-2500}$	≤ 48	–	–	–	–	–	1c
zu Räumen innerhalb einer Nutzungseinheit, auch im Einfamilienhaus ^c	$L'_{nT,w}$	≤ 48	≤ 53	–	–	–	–	2a
	$L'_{nT,w} + C_1$	≤ 53	≤ 53	–	–	–	–	2b
	$L'_{nT,w} + C_{1, 50-2500}$	≤ 58	–	–	–	–	–	2c

¹⁶⁸ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 8115 - 5:2012 04 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 5: Klassifizierung. S. 7

¹⁶⁹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 8115 - 5:2012 04 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 5: Klassifizierung. S. 8

Tabelle 7 - Klassifizierung des Trittschallschutzes gemäß ÖNORM B 8115 – 5:2012 04 01 Teil 2¹⁷⁰

Klassifizierung des Trittschallschutzes								
Trittschalldämmung ^a		Klasse A	Klasse B	Klasse C _R	Klasse C	Klasse D	Klasse E	Zelle
		„hoher Komfort“	„Komfort“	„Standard Reihenhaus“ ^b	„Standard“ ^b	„gering“	„sehr gering“ oder „keine Leistung festgestellt“	
dB								
zu Aufenthaltsräumen aus Treppenhäusern und Laubengängen	$L'_{nT,w}$	≤ 40	≤ 45	≤ 43	≤ 50	≤ 55	> 55	3a
	$L'_{nT,w} + C_1$	≤ 45	≤ 45	–	–	–	–	3b
	$L'_{nT,w} + C_{150-2500}$	≤ 50	–	–	–	–	–	3c
zu Aufenthaltsräumen aus nutzbaren Dachböden, Terrassen, Dachgärten, Balkonen und Loggien bei Reihenhäusern zu angrenzenden Nutzungseinheiten	$L'_{nT,w}$	≤ 43	≤ 48	≤ 43	≤ 53	≤ 58	> 58	4a
	$L'_{nT,w} + C_1$	≤ 48	≤ 48	–	–	–	–	4b
	$L'_{nT,w} + C_{150-2500}$	≤ 53	–	–	–	–	–	4c
zu Aufenthaltsräumen aus allgemein zugänglichen nutzbaren Dachböden, Terrassen, Dachgärten, Balkonen und Loggien	$L'_{nT,w}$	≤ 38	≤ 43	≤ 43	≤ 48	≤ 53	> 53	5a
	$L'_{nT,w} + C_1$	≤ 43	≤ 43	–	–	–	–	5b
	$L'_{nT,w} + C_{150-2500}$	≤ 48	–	–	–	–	–	5c

^a zwischen Nebenräumen gelten um 5 dB verminderte Anforderungen
^b entspricht den Mindestanforderungen gemäß ÖNORM B 8115-2
^c Diese Räume sind gesondert festzulegen.

Folgend wird ein grober Einblick in die unterschiedlichen Gebiete des Schallschutzes gewährt.

2.3.2 Luftschallschutz

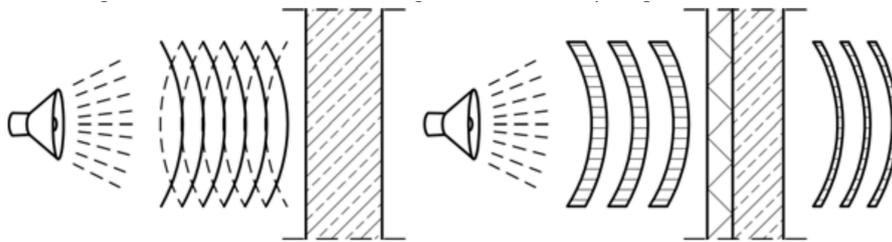
Prinzipiell wird unter dem Luftschallschutz die Reduktion der Übertragung der Schalleistung von der einen Seite eines Bauteils auf die andere Seite verstanden, mit dem Grundsatz, einen hohen Luftschallschutz zu erzielen. Eine Möglichkeit, diesen zu gewährleisten, bietet die Luftschalldämmung. Dabei wird der Schall vor allem durch schwere und dichte Baustoffe daran gehindert, sich in den benachbarten Raum auszubreiten. Der Hauptgrund dafür ist insbesondere die Schallreflexion, welche beim Auftreffen der Schallwellen an einer Oberfläche geschieht. Schlussfolgernd kann behauptet werden, dass die Luftschalldämmung umso besser ist, je schwerer und massiver ein Bauteil ist.¹⁷¹

Eine weitere Möglichkeit, um Schallschutzmaßnahmen zu realisieren, ist die Luftschalldämpfung. Dabei wird die Schwingungsenergie der Luftteilchen durch Einbringen von mitschwingenden Baustoffen verringert, ein Effekt, von welchem man vor allem bei mehrschaligen Bauteilen Gebrauch macht.¹⁷²

¹⁷⁰ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 8115 - 5:2012 04 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 5: Klassifizierung. S. 9

¹⁷¹ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 94

¹⁷² Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 95

Abbildung 17 - Luftschalldämmung und Luftschalldämpfung¹⁷³

Abgesehen vom direkten Schallweg durch das Bauteil gibt es auch andere Möglichkeiten, wie der Schallpegel in den Nachbarraum gelangt. Zunächst findet beim Auftreffen der Schallwellen einerseits die Schallreflexion, aber andererseits auch eine Umwandlung von Luftschall in Körperschall statt, es kommt also zu einer Schallabsorption durch das Bauteil. Ein Teil dieser Schallenergie nimmt, wie vorhin erwähnt, den direkten Weg durch den Baustoff und wird so in den Nachbarraum übertragen. Allerdings wird ein Anteil des Körperschalls auch im Bauteil selbst weitergeleitet und kann entweder zu Wärme dissipieren oder auf diesem Weg in weitere Flankenbauteile gelangen.

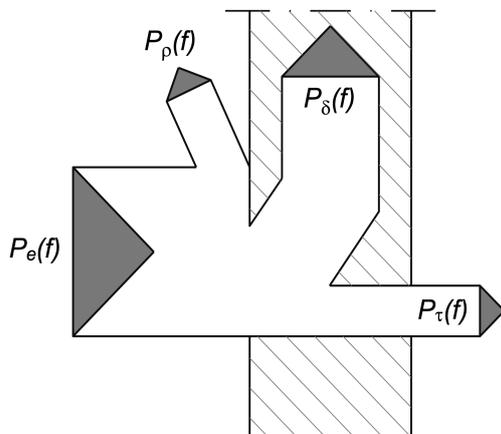


Abbildung 18 - Aufgliederung der Schalleistung eines auf eine Wand auftreffenden Schallsignals mit $p_e(f)$ = auftreffende Schalleistung, $p_\delta(f)$ = dissipierte Schalleistung, $p_\rho(f)$ = reflektierte Schalleistung und $p_\tau(f)$ = transmittierte Schalleistung¹⁷⁴

Die Schallübertragung erfolgt in der Realität nicht nur über einen trennenden oder flankierenden Bauteil, sondern möglicherweise auch über Undichtigkeiten, Schächte, Rohrleitungen etc.

¹⁷³ PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 94

¹⁷⁴ WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 285

Vor diesem Hintergrund werden folgende zwei Begriffe definiert:¹⁷⁵

- Nebenwegübertragung: Unter der Nebenwegübertragung wird jede Form der Luftschallübertragung zwischen zwei aneinandergrenzenden Räumen verstanden, die nicht direkt über die trennenden Bauteile (Trennwand, Trenndecke) erfolgt. Es werden auch Schallübertragungen mittels Undichtigkeiten, Rohrleitungen, etc. miteingeschlossen.
- Flankenübertragung: Die Flankenübertragung ist jener Teil der Nebenwegübertragung, der ausschließlich über Bauteile, also exklusive Undichtigkeiten, Rohrleitungen etc., erfolgt.

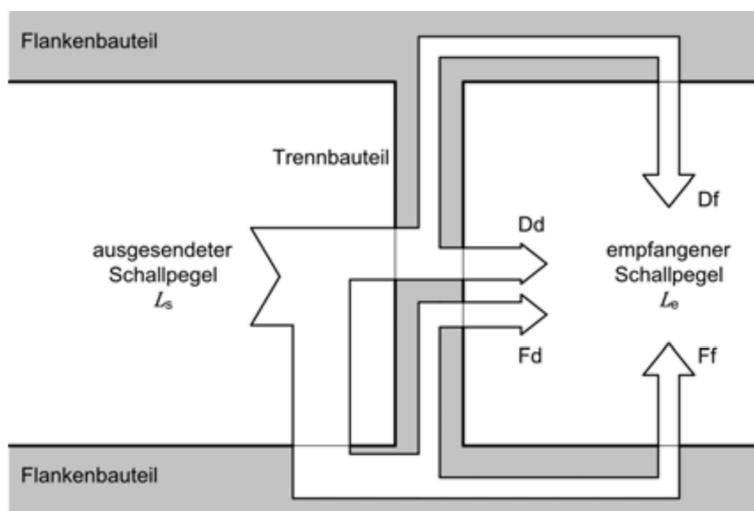


Abbildung 19 - Luftschallübertragungswege zwischen Nachbarräumen¹⁷⁶

Um die Güte des Luftschallschutzes eines Bauteils oder zwischen zwei Räumen bestimmen und beschreiben zu können, dienen die Schallpegeldifferenz D , die Norm-Schallpegeldifferenz D_n , die Standard-Schallpegeldifferenz D_{nT} , die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$, das Schalldämm-Maß R , das Bauschalldämm-Maß R' und das bewertete Schalldämm-Maß R_w (siehe Kap. 2.1.3).

Bezüglich der luftschallschutztechnischen Eigenschaften von Bauelementen ist es von grundlegender Wichtigkeit, dass zwischen einschaligen und mehrschaligen Bauteilen unterschieden wird.

Erstere bestehen aus einem einheitlichen Material oder aus mehreren Schichten unterschiedlicher, jedoch bezüglich ihrer schalltechnischen Eigenschaften verwandter Materialien, die fest miteinander verbunden sind (z.B.: Mauerwerk mit Putzschicht). Dadurch schwingen sie als Ganzes und es kann beobachtet werden, dass schwere einschalige Bauteile besser

¹⁷⁵ Vgl. WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 289f

¹⁷⁶ PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 105

dämmen als leichte, da für eine Schwingungsanregung höherer Massen mehr Energie benötigt wird als bei geringen Massen. Betrachtet man das Schalldämm-Maß R eines solchen Bauelements, so ist ersichtlich, dass dieses bei einer Frequenzerhöhung um eine Oktave, abgesehen von einem gewissen Frequenzbereich, in welchem das Schalldämm-Maß kurz abnimmt, stets um ungefähr 6 dB zunimmt. Jener Bereich, welcher durch eine Verschlechterung der schalldämmenden Eigenschaften gekennzeichnet ist, wird als Koinzidenzbereich bezeichnet und kann mit der Bildung von Biegewellen im einschaligen Bauteil begründet werden. Die dazugehörige Schallfrequenz wird Koinzidenzfrequenz f_g genannt und bezeichnet die niedrigste Frequenz, bei der eine Wand mit streifendem Einfallswinkel des Schalls zu Resonanzschwingungen angeregt werden kann. Die schalltechnisch richtige Konstruktion von einschaligen Bauteilen setzt voraus, dass die Koinzidenzfrequenz möglichst außerhalb des für die Bauphysik zutreffenden Frequenzbereichs von 50 bis 5000 Hz liegt.^{177; 178}

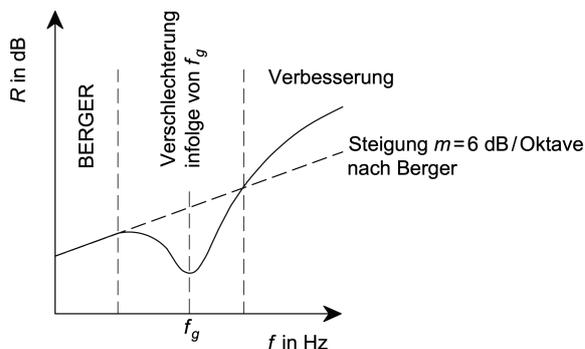


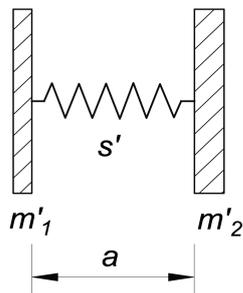
Abbildung 20 - charakteristischer Verlauf des Luftschalldämm-Maßes R eines einschaligen Bauteils mit f_g als Koinzidenzfrequenz¹⁷⁹

Als mehrschalige Bauteile werden solche bezeichnet, die aus zwei oder mehr Schalen bestehen, die nicht starr, sondern federnd miteinander verbunden sind. Das heißt, dass die unterschiedlichen Schalen nur durch Luft oder geeignete Dämmstoffe miteinander gekoppelt sind, was zur Folge hat, dass diese bei Schallanregung unabhängig voneinander schwingen können. Abbildung 21 zeigt exemplarisch das Schwingungssystem eines zweischaligen Bauteils, bestehend aus Massen m'_1 und m'_2 der zwei Schalen im Abstand a und einer Feder mit der dynamische Steifigkeit s' .

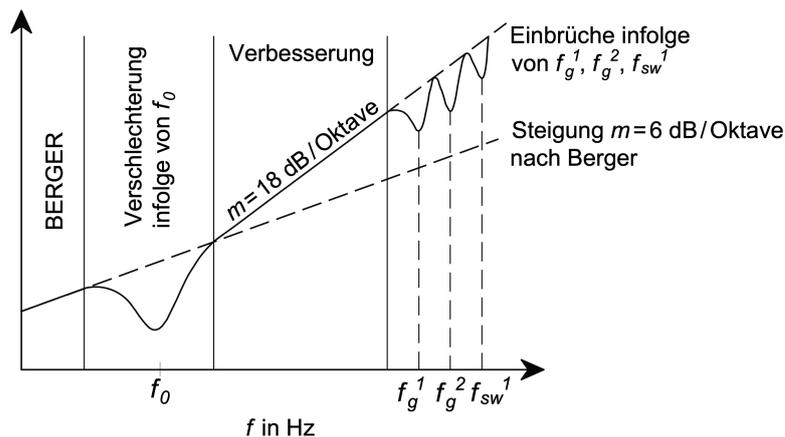
¹⁷⁷ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 98ff

¹⁷⁸ Vgl. WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 8.19ff

¹⁷⁹ WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 299

Abbildung 21 - Schwingungssystem eines zweischaligen Bauteils¹⁸⁰

In der nachstehenden Abbildung ist ein charakteristischer Verlauf des Luftschalldämm-Maßes R eines mehrschaligen Bauteils als Funktion der Frequenz im bauphysikalisch relevanten Bereich ($50 \text{ Hz} \leq f \leq 5000 \text{ Hz}$) zu sehen. Dabei ist f_0 die Resonanzfrequenz, f_g^1 und f_g^2 die Koinzidenzgrenzfrequenzen der Schalen 1 und 2 und f_{sw}^1 die Frequenz, bei der es zur Ausbildung einer stehenden Welle einer nichtbedämpften Luftzwischen-schicht der Dicke a (Hohlraumresonanzfrequenzen) kommt.

Abbildung 22 - Frequenzabhängiger Verlauf des Luftschalldämm-Maßes R für schalltechnisch zweischalige Bauteile¹⁸¹

Analysiert man diesen Verlauf, so ist zu sehen, dass sich ein mehrschaliger Bauteil im tiefen Frequenzbereich ähnlich einem gleich schweren einschaligen Bauteil verhält (laut BERGERSchem Gesetz eine Erhöhung des Schalldämm-Maßes um 6 dB/Oktave). Darauf folgt eine Abminderung der Schalldämmkurve, was auf das Auftreten einer Resonanz zurückzuführen ist. Im Bereich der Resonanzfrequenz f_0 kommt es zum Schwingen beider Schalen mit maximaler Amplitude unter gleichzeitigem Zusammendrücken der als Feder wirkenden Zwischenschicht. Die Resonanzfrequenz

¹⁸⁰ WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 8.22

¹⁸¹ WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 303

soll möglichst weit unterhalb des für die Bauakustik interessanten Bereiches liegen, um so eine Verschlechterung der schalldämmenden Eigenschaften zu verhindern.¹⁸²

Erst nach Überschreiten der Resonanzfrequenz kommen die Vorzüge eines mehrschaligen Bauteils zum Vorschein: Dadurch, dass die einzelnen Schalen entkoppelt voneinander schwingen können, wird eine deutlich bessere Luftschalldämmung als bei einer gleich schweren einschaligen Wand ermöglicht. Das Schalldämm-Maß steigt in diesem Frequenzbereich um ca. 12 dB/Oktave an.¹⁸³

Dennoch hat die schalltechnische Entkoppelung der einzelnen Schalen gegenüber einem einschaligen Bauteil einen weiteren Nachteil. Die Schalen sind weiterhin den Einflüssen der Koinzidenzen ausgesetzt und es kommt aufgrund der Ausbildung der BiegeWellen für jede Einzelschale zu einem Einbruch in der Schalldämmkurve. Weitere signifikante Abminderungen des Schalldämm-Maßes entstehen durch das Auftreten sogenannter „stehender Wellen“ Diese entstehen, wenn auf Basis fehlender Dämpfungen zwischen den Schalen die Schallwellen an den Innenseiten der Schichten reflektiert werden.¹⁸⁴

2.3.3 Trittschallschutz

Wie bereits am Anfang dieses Kapitels erwähnt, erfolgt die Schallübertragung zwischen zwei Räumen nicht nur über ein bestimmtes trennendes Bauteil, sondern auch über flankierende Bauteile, Rohrleitungen, Undichtigkeiten, Lüftungsanlagen u.v.m. Durch normale Wohngeräusche, wie Gehen, Stuhlrücken, Nutzung von Haushaltsgeräten etc., erfolgt eine unmittelbare Deckenanregung zu Körperschallschwingungen, welche auf verschiedenste Wege in den darunterliegenden Raum abgestrahlt werden können. Somit entstehen zusätzliche Geräuschpegel im Empfangsraum, wodurch die akustische Behaglichkeit beeinflusst wird.¹⁸⁵

Um die Dämmqualität eines trennenden Bauteils im Sinne des Trittschallschutzes beurteilen zu können, wird zunächst eine genormte Körperschallanregung provoziert, um anschließend den aus dieser Anregung resultierenden Luftschalldruckpegel im Empfangsraum zu messen. Dieses Prozedere erfolgt mit einem geeichten Norm-Hammerwerk. Wie auch beim Luftschallschutz, erfolgen diese Messungen sowohl bei Decken an Prüfständen als auch bei bereits verbauten Decken in Gebäuden. Aus

¹⁸² Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 100f

¹⁸³ Vgl. WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 8.22f

¹⁸⁴ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 103f

¹⁸⁵ Vgl. PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 108

Gründen der Praxisrelevanz werden nachfolgende vor allem Betrachtungen für Trittschallpegel in Gebäuden erörtert.¹⁸⁶

Abbildung 23 zeigt exemplarisch mögliche Wege des Körperschalls nach Trittschallanregung einer trennenden Decke in einem Gebäude:

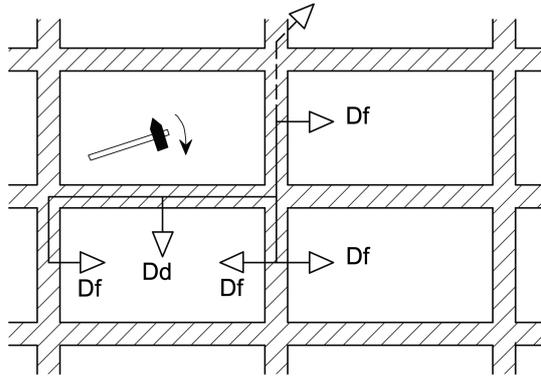


Abbildung 23 - Wege des Körperschalls in einem Gebäude nach Trittschallanregung einer Decke¹⁸⁷

Um die Güte des Trittschallschutzes eines Bauteils beschreiben zu können, dienen der Trittschallpegel L , der Norm-Trittschallpegel L_n , der Standard-Trittschallpegel L'_{nT} und der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ (siehe Kap. 2.1.3).

Durch Fußbodenaufbauten oder Installation abgehängter Decken kann der Trittschallschutz ebenfalls positiv beeinflusst werden. Um diesen Effekt fassbar zu machen, wird die Trittschallminderung ΔL [dB] folgendermaßen errechnet:

$$\Delta L = L_{n,0} - L_{n,1}$$

Formel 11 - Trittschallminderung¹⁸⁸

Mit:

$L_{n,0}$	Norm-Trittschallpegel der Rohdecke in [dB]
$L_{n,1}$	Norm-Trittschallpegel der Rohdecke mit Fußbodenaufbau oder abgehängter Decke in [dB]

¹⁸⁶ Vgl. WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 305

¹⁸⁷ WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 8.25

¹⁸⁸ PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. S. 110

2.3.4 Haustechnische Einrichtungen

Haustechnische Einrichtungen sind die zu einem Gebäude gehörenden technischen Anlagen, wie z.B. Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen, Energieversorgungsanlagen, Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage, Aufzüge uvm., welche für die Gebäudenutzung meist unerlässlich sind und vor allem im Bereich der Krankenanstalten eine wesentliche Rolle spielen. Allerdings verursachen viele dieser technischen Einrichtungen während der Nutzung Lärm, weshalb bestenfalls bereits in der Planungsphase eines Gebäudes dem Schallschutz gegen Lärm der haustechnischen Einrichtungen dahingehend rechtzeitig Beachtung geschenkt werden sollte. Dabei spielt einerseits vor allem die Lage der Einrichtungen im Gebäude und andererseits die Dimensionierung derselben eine gewichtige Rolle.¹⁸⁹

Es kann als Besonderheit dieses Teilbereichs des Schallschutzes gesehen werden, dass ein Großteil der Maßnahmen nur durch eine entsprechende und fachgerechte Wartung, insbesondere der beweglichen Teile, auf Dauer wirksam bleiben.¹⁹⁰

2.3.5 Schall von Geräten und Krankenhausbetrieb

Eine ganz spezielle Bedeutung kommt in Krankenanstalten aufgrund des personen- und geräteintensiven Arbeitsalltags dem Schallschutz gegen geräte- und personenbedingten Lärm zu. Diese Art des Schalls ist in der Sonderimmobilie Krankenhaus durch den Hauptprozess „Gesundheitsdienstleistung am Patienten“ bis zu einem gewissen Teil nicht vermeidbar und gezwungenermaßen notwendig. Dennoch ist ein beachtlicher zusätzlicher Anteil des Schallpegels nicht unentbehrlich und kann durch eine geplante Prozessoptimierung, Modernisierung und Verhaltensanpassung sowohl von Seiten des Personals als auch von Seiten anderer Personen größtenteils vermieden werden. In diesem Bereich des Schallschutzes ist es notwendig, alle schallverursachenden Geräte und Prozessabschnitte zu eruieren und zu evaluieren, um im besten Fall gezielte Maßnahmen planen und umsetzen zu können.

¹⁸⁹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 8115-4:2003 09 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 4: Maßnahmen zur Erfüllung der schalltechnischen Anforderungen. S. 49

¹⁹⁰ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 8115-4:2003 09 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 4: Maßnahmen zur Erfüllung der schalltechnischen Anforderungen. S. 49

2.3.6 Raumakustik

Wie im Kapitel 2.1.3 beschrieben, gibt es bei einer Schallquelle im Freien eine klare Beziehung zwischen dem Schalldruckpegel und seiner Entfernung zum Immissionsort. Diese Beziehung ist in geschlossenen Räumen insofern ungültig, da sich ein diffuses Schallfeld aus direktem und reflektiertem Schall bildet, woraus sich zugleich die Ziele und Aufgaben der Raumakustik ableiten lassen, sprich

- die Sicherstellung der Verständlichkeit und
- die Reduktion von Schallpegeln (siehe 2.1.3)

durch den gezielten Einsatz und die überlegte Regelung von Absorptions- und Reflexionsvorgängen. Der relevante Frequenzbereich liegt dabei in der Regel zwischen 63 Hz und 8 kHz.¹⁹¹

Wichtige Kennwerte, mittels welcher die Verständlichkeit und Hörsamkeit in einem Raum beschrieben werden können, sind einerseits die Laufzeitdifferenz Δt , welche angibt, um wieviel später als das direkt übertragene Schallsignal ein reflektiertes Schallsignal am Empfänger eintrifft und andererseits die Nachhallzeit $T(f)$. Beide Begriffe wurden im Kapitel 2.1.2 näher erläutert.

Aufgrund der Tatsache, dass $\Delta t > 0,05$ s die Verständlichkeit negativ beeinflussen, sind in diesen Fällen bauakustische Maßnahmen erforderlich, welche eine Verringerung und Unterdrückung der Schallreflexionen bewirken. Eine solche gelingt beispielsweise durch eine Erhöhung der äquivalenten Schallabsorptionsfläche (siehe Kap. 2.1.3), wodurch sich in einem diffusen Schallfeld der Schallpegel reduzieren lässt. Allerdings beschränkt sich dieses Mittel auf jenen Bereich, der außerhalb des Hallradius r_H liegt, da innerhalb dieses Radius der direkte Schall maßgebend ist. Als Hallradius wird diejenige Entfernung rund um die Schallquelle bezeichnet, bei welcher der Direktschall und der diffuse Schallanteil (bereits mindestens einmal reflektierter Schallanteil) gleich groß sind.¹⁹²

In der Praxis kann die vorhandene Absorptionsfläche in der Regel bestenfalls verdoppelt werden, sodass eine Pegelsenkung von max. 3 dB erzielt wird. Eine Bewertung bezüglich des Erfolges der bauakustischen Maßnahme erfolgt in der Regel direkt am Bauobjekt mittels einer Messung der Nachhallzeit sowohl vor als auch nach der Baumaßnahme.¹⁹³

Die Relevanz einer gut geplanten und nachhaltig durchdachten Raumakustik macht sich vor allem dann bemerkbar, wenn beispielsweise in Krankenzimmern, Besprechungsräumen oder anderen Räumlichkeiten, wo viele Personen gleichzeitig reden, eine Unterhaltung zu einem sehr

¹⁹¹ Vgl. WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 451

¹⁹² Vgl. WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. S. 9.4f

¹⁹³ Vgl. WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 457

müßigen Unterfangen werden kann, wenn keine adäquate Schallabsorptionsmöglichkeit im Raum installiert oder diese dem falschen Spektrum angepasst wurde. Würden zusätzlich auch noch die tiefen Frequenzen unzureichend gedämpft werden, kann es so zu einem zusätzlichen Dröhnen im Raum kommen. Dieses führt i.d.R. dazu, dass die Redner zu lauterem Sprechen angeregt werden und sich die Kommunikationssituation weiter verschlechtert.¹⁹⁴

¹⁹⁴ Vgl. WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. S. 457

2.4 Grundlagen des Hörens

2.4.1 Anatomie des menschlichen Ohrs

Um Schall wahrnehmen zu können, muss das Ohr kleinste Druckschwankungen in der Luft detektieren und diese derart verstärken, dass sie wahrgenommen und interpretiert werden können. Dafür wird das Ohr funktionell in drei Bereiche gegliedert:

- Außenohr
- Mittelohr
- Innenohr

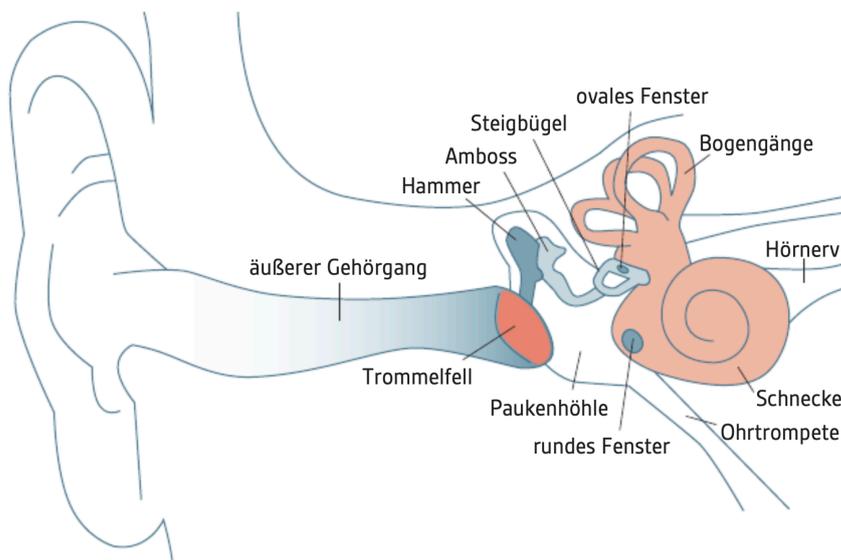


Abbildung 24 - Anatomie des menschlichen Ohrs¹⁹⁵

Das Außenohr beschreibt die Ohrmuschel und den äußeren Gehörgang bis zum Trommelfell. Seine Aufgabe ist es, den von der Umwelt emittierten Schall einzufangen und in das Hörorgan hineinzuleiten. Dabei spielt die Ausformung der Ohrmuschel und des Gehörgangs eine entscheidende Rolle in Bezug auf die Schallcharakteristik, wenn dieser von unterschiedlichen Richtungen kommend auf das Sinnesorgan einfällt. Dadurch wird die räumliche Wahrnehmung verbessert.¹⁹⁶

Ist der Schall am Ende des Gehörgangs angelangt, trifft er auf das Trommelfell, welches bereits zum Mittelohr gezählt wird, und regt es zum Schwingen an. Diese Schwingungen werden auf Hammer, Amboss und

¹⁹⁵ KLINK, K. B.; MEIS, M.: Schall- und Lärmwirkung. Grundlagen des Hörens, Schallwirkungen und Maßnahmen im Büroumfeld. S. 8

¹⁹⁶ Vgl. LENARZ, T.; BOENNINGHAUS, H.-G.: Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. S. 9-29

Steigbügel, die drei Gehörknöchelchen, übergeleitet, welche sich auf der Rückseite des Trommelfells befinden. Diese wiederum stehen über die Steigbügelplatte mit dem ovalen Fenster des flüssigkeitsgefüllten Innenohrs in Kontakt, wo schließlich die Schallübertragung aus dem Medium Luft (Außenohr) in das Medium Wasser (Innenohr) abgeschlossen ist.

Die zu einer Kette zusammengeschlossenen Gehörknöchelchen haben für das Hörvermögen grundlegende Aufgaben: Stünde der Schall in direktem Kontakt zum wässrigen Milieu im Innenohr, würde, aufgrund des deutlich höheren Widerstands des Fluids gegenüber der Schwingungsausbreitung, der größte Anteil des Schalls reflektiert werden und die Wahrnehmung wäre stark beeinträchtigt. Dieser physikalische Effekt kann durch den anatomischen Aufbau des Sinnesorgans geschickt umgangen werden. Über die Knöchelchen kann eine effiziente Schallübertragung gewährleistet werden und zusätzlich durch ihre Hebelwirkung sowie durch den Größenunterschied zwischen dem schwingenden Trommelfell und dem viel kleineren ovalen Fenster das Signal um bis zu 30 dB verstärkt werden. Zusätzlich können Hammer und Amboss auch als Schutz vor zu lautem Schall fungieren, indem sich die an ihnen ansetzende Muskulatur im Fall zu lauten Schalls kontrahiert. Dadurch wird die Gehörknöchelchenkette versteift und die Schallübertragung verringert. An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass dieser Mechanismus mit einer gewissen Verzögerung aktiviert wird, Verletzungen durch plötzliche Schüsse etc. (Knalltrauma) können somit nicht verhindert werden.¹⁹⁷

Im Innenohr sind schließlich zwei Sinne beheimatet. Zunächst besteht es aus der Cochlea¹⁹⁸, welche für das Hören zuständig ist und des Weiteren befinden sich dort die Bogengänge des Gleichgewichtssinns. In der Cochlea durchlaufen die Schallschwingungen als Welle alle Spiralwindungen vom ovalen Fenster ausgehend, wodurch eine Schwingung in der Basilarmembran verursacht wird. Die Basilarmembran ist eine langgestreckte Membran mit charakteristischer Form und Steifigkeit, welche für die Schallwahrnehmung von großer Bedeutung ist. Ist sie nahe dem ovalen Fenster schmal und steif, so wird sie zur Spitze der Schnecke hin immer breiter und beweglicher. Das hat zur Folge, dass Schallschwingungen immer nur einen frequenzspezifischen Teil der Basalmembran zu Schwingungen anregen. Während hohe Frequenzen eine Auslenkung nahe dem ovalen Fenster bewirken, beginnen durch tiefe Frequenzen jene Anteile im Bereich der Schneckenspitze zu schwingen.¹⁹⁹

¹⁹⁷ Vgl. KLINK, K. B.; MEIS, M.: Schall- und Lärmwirkung. Grundlagen des Hörens, Schallwirkungen und Maßnahmen im Büroumfeld. S. 10f

¹⁹⁸ Cochlea zu Deutsch: Hörschnecke

¹⁹⁹ Vgl. LENARZ, T.; BOENNINGHAUS, H.-G.: Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. S. 9-29

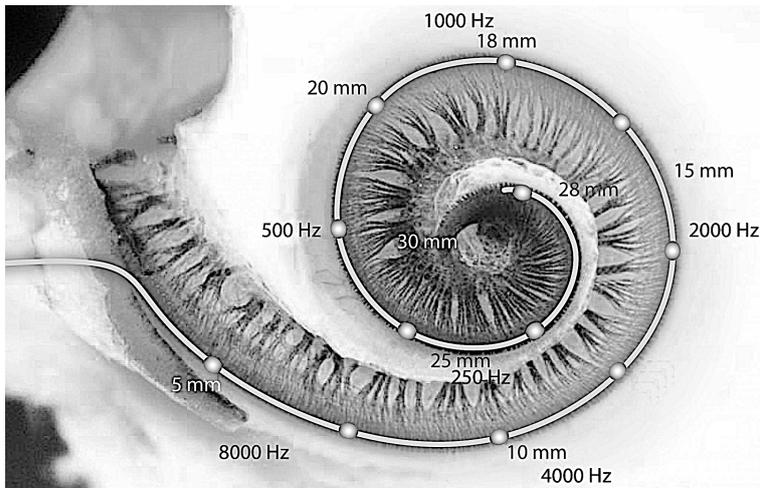


Abbildung 25 - Frequenzwahrnehmung in der Cochlea²⁰⁰

Auf der Basilarmembran sitzt das sogenannte Cortische Organ (siehe Abbildung 26). Dieses besteht aus Bindegewebe²⁰¹ und mehreren Reihen von Stereozilien²⁰². Diese Haarsinneszellen können in innere (näher zur Innenseite der Spirale angeordnet) und äußere Sinneszellen unterschieden werden, wobei die ungefähr 3.500 inneren einreihig und die ca. 12.000 äußeren meist dreireihig angeordnet sind.²⁰³

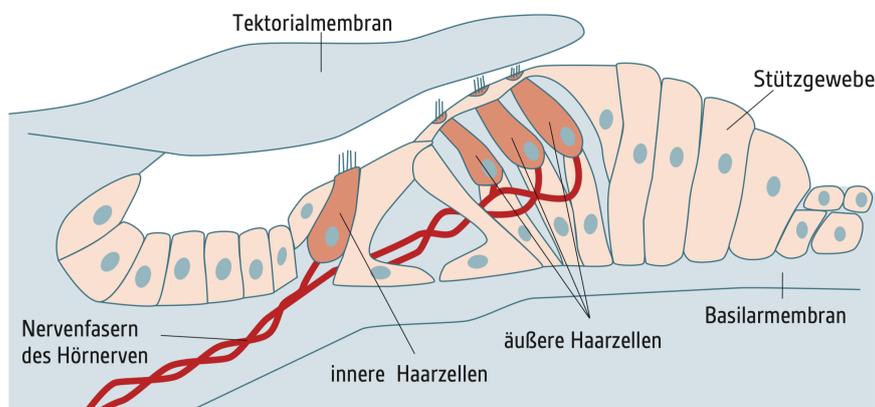


Abbildung 26 - Schnitt durch das Cortische Organ im Innenohr²⁰⁴

²⁰⁰ Vgl. <https://blog.medel.com/hear-the-lowest-sounds-with-a-cochlear-implant/>. Datum des Zugriffs: 05.12.2019

²⁰¹ Bindegewebe = Stützgewebe

²⁰² Stereozilien zu Deutsch: Haarsinneszellen

²⁰³ Vgl. KLINK, K. B.; MEIS, M.: Schall- und Lärmwirkung. Grundlagen des Hörens, Schallwirkungen und Maßnahmen im Büroumfeld. S. 10

²⁰⁴ KLINK, K. B.; MEIS, M.: Schall- und Lärmwirkung. Grundlagen des Hörens, Schallwirkungen und Maßnahmen im Büroumfeld. S. 10

Die inneren Stereozilien sind die eigentlichen Hörrezeptoren. Simultan zur Schwingung der Basilarmembran werden auch die in diesem Bereich angesiedelten Haarsinneszellen bewegt. Diese Bewegung wird in ein elektrisches Signal am Hörnerv umgewandelt, welches dann anschließend zu jenem Teil des Gehirns weitergeleitet wird, welcher für das Hören zuständig ist.²⁰⁵

Außerdem liegt über dem Cortischen Organ die Tektorialmembran. Sie wird als bewegliche, galertartige Struktur beschrieben und ist mit den längeren Stereozilien der äußeren Sinneszellen in direktem Kontakt. Werden durch eine schwingende Basilarmembran die äußeren Stereozilien bewegt, haben diese die Möglichkeit ihre Länge zu ändern. Durch diese Längenänderung kann wiederum die Auslenkung der Basilarmembran verstärkt werden, wodurch diese Haarzellen die Funktion eines Verstärkers erfüllen. Sie machen es möglich, dass auch sehr leise Schallpegel wahrgenommen werden können.²⁰⁶

2.4.2 Physiologische Grundlage der Reizverarbeitung

Werden Schallwellen vom Ohr wahrgenommen und in neuronale Signale umgewandelt, werden diese in unterschiedliche Bereiche des Gehirns zur Verarbeitung weitergeleitet. Diese Kaskade ist insofern von Interesse, da sie ein besseres Verständnis gegenüber den mannigfaltigen Schallauswirkungen auf den Körper vermitteln und insbesondere die extra-auralen Wirkungen gut veranschaulichen können. Aus diesem Grund werden die neuralen Verzweigungen im menschlichen Körper nun genauer erörtert und die unterschiedlichen, physiologischen Prozesse beschrieben.

Die mechanische Energie des Schalls wird zunächst im Innenohr in elektrische Impulse, sogenannte Aktionspotentiale, umgesetzt, welche mittels des Hörnervs in die Hirnrinde weitergeleitet werden, die unter anderem für die Schallwahrnehmung zuständig ist. Auf diesem Weg werden sieben bis acht Neuronenkerne, die als Verzweigungsstellen fungieren, passiert und eine Verbreitung des Signals in zahlreiche Verarbeitungszentren des Gehirns resultiert.

²⁰⁵ Vgl. LENARZ, T.; BOENNINGHAUS, H.-G.: Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. S. 9-29

²⁰⁶ Vgl. KLINK, K. B.; MEIS, M.: Schall- und Lärmwirkung. Grundlagen des Hörens, Schallwirkungen und Maßnahmen im Büroumfeld. S. 11

Eines dieser Neuronengeflechte (Formatio reticularis), welches vom Hirnstamm²⁰⁷ bis ins Zwischenhirn²⁰⁸ reicht, spielt dabei eine besondere Rolle, da es den Schallreiz mit Rückwirkung auf den gesamten Organismus weiterleitet.²⁰⁹

- Es aktiviert die Hirnrinde und spielt somit bei der Regulation des Schlaf-Wach-Rhythmus und der Vigilanz²¹⁰ eine bedeutsame Rolle.
- Es bewirkt durch seine Verbindungsbahnen zum Limbischen System²¹¹ emotionale Antworten auf sensorische Reize (z.B.: Schall).
- Es koordiniert die Auslösung mehrerer sinnvoller und lebenswichtiger Reflexe (Kreislauf, Atmung).

In diesem Zusammenhang hat das vegetative Nervensystem eine entscheidende Rolle inne, welches unter anderem für die Regulierung des Hormonhaushalts verantwortlich ist: Hormone haben eine sehr ähnliche Funktion wie nervale Verbindungen. Sie übermitteln bestimmte Informationen innerhalb des Organismus mit dem Unterschied, dass die Stimulierung länger andauernde und globalere Reaktionen veranlassen können.

Das vegetative Nervensystem besteht aus drei unterschiedlichen Strukturen, dem sympathischen, dem parasympathischen und dem enterischen Nervensystem. Letzteres unterliegt vor allem den Einflüssen der beiden erstgenannten Strukturen, wobei sich diese beiden wiederum gegenseitig stark beeinflussen. Während der parasympathische Ast vor allem in Erholungs- und Entspannungsphasen des Körpers aktiv ist (daher auch die Bezeichnung als „Ruhenerve“), wirken sympathische Strukturen²¹² vor allem in Stresssituationen und erhöhen die Aktionsfähigkeit des Körpers („fight or flight“).²¹³

Im Falle einer als Stress empfundenen Schalleinwirkung veranlasst der Sympathikus unter anderem die Freisetzung der Stresshormone Adrenalin und Noradrenalin aus dem Nebennierenmark sowie die Sezernierung von Cortisol aus der Nebennierenrinde, welches auch besser als „das Stresshormon schlechthin“ bekannt ist. Während Adrenalin und Noradre-

²⁰⁷ Hirnstamm: ist unter anderem für die Regulation, Koordination und Modulation essenzieller Lebensfunktionen zuständig, wie beispielsweise der Herzfrequenz und der Atmung, aber auch Ursprung einiger wichtiger Reflexe (z.B.: Lidschluss- oder Hustenreflex) (Quelle: <https://flexikon.doccheck.com/de/Hirnstamm#Funktion>. Datum des Zugriffs: 14.10.2019)

²⁰⁸ Zwischenhirn: ist unter anderem das Steuerzentrum für vegetative Funktionen, für die Fortpflanzung und das endokrine System (Quelle: <https://flexikon.doccheck.com/de/Endokrin>. Datum des Zugriffs: 14.10.2019)

²⁰⁹ Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 131

²¹⁰ Vigilanz = Aufmerksamkeit

²¹¹ Limbisches System = „Zentrum der Emotionen“

²¹² sympathisches Nervensystem = sympathische Struktur = Sympathikus

²¹³ Vgl. BEHRENDT, J. C.: Duale Reihe Physiologie. S. 559ff

nalin mit drei bzw. zwölf Minuten eine relativ kurze Wirkzeit auf den Organismus besitzen, kann Cortisol eine Organismusreaktion für 60-90 Minuten hervorrufen.^{214, 215}

Adrenalin und Noradrenalin haben, wenngleich der Effekt durch Noradrenalin um ein Vielfaches geringer ist, eine sehr ähnliche Wirkung auf den menschlichen Organismus. Sie führen über eine Vasokonstriktion²¹⁶ zu einer Erhöhung des Gefäßwiderstandes, der Blutdruck wird gesteigert und auch die Herz- und Atemfrequenz werden erhöht. Zusätzlich wirken diese Hormone katabol²¹⁷ auf den Stoffwechsel, was bedeutet, dass der Blutzucker durch Kohlenhydratabbau in Muskeln und Leber gesteigert und zusätzliche Energie durch Körperfettabbau bereitgestellt wird.²¹⁸

Cortisol besitzt ebenfalls eine katabole Wirkung und greift in eine Reihe anderer Stoffwechselvorgänge ein: Es hebt den Blutzuckerspiegel und der Körperfettabbau bzw. die Gluconeogenese²¹⁹ werden stimuliert, während die bei der Gluconeogenese benötigten Substrate²²⁰ über Proteinabbauprozesse bereitgestellt werden. Cortisol verringert die Knochenbildung, wodurch es im Zuge eines chronisch erhöhten Hormonspiegels zu Osteoporose²²¹ kommen kann. Es verstärkt die Wirkung der Katecholamine²²² und steigert so die Kontraktionskraft des Herzens, den Blutdruck und die Atemfrequenz. Auch die Aufmerksamkeit und die kognitiven Fähigkeiten werden kurzfristig durch eine Cortisolausschüttung gesteigert. Allerdings führt vor allem eine lang andauernde Stressbelastung zu negativen Auswirkungen: Der anhaltende Proteinabbau hat eine Abnahme der Muskelmasse als Folge und die erhöhte mentale Bereitschaft führt zu einer zunehmenden Übermüdung. Außerdem bewirkt Cortisol eine Immunmodulation, welche sich durch ein verschlechtertes Immunsystem und ein erhöhtes Erkrankungsrisiko äußert, und beeinflusst die Produktion und Verteilung von Leukozyten²²³, Erythrozyten²²⁴ und Thrombozyten^{225, 226}.

²¹⁴ Vgl. VON EIFF, W.; VON EIFF, M. C.: Healing Environment - Neuer architektonischer Ansatz: Heilungsfördernde Umgebung. <https://www.hcm-magazin.de/healing-environment/150/10994/203235/1>. Datum des Zugriffs: 02.August.2019

²¹⁵ Vgl. BEHREND, J. C.: Duale Reihe Physiologie. S. 671ff

²¹⁶ Vasokonstriktion = Blutgefäßverengung

²¹⁷ katabol wirkend = fördert den Abbaustoffwechsel

²¹⁸ Vgl. BEHREND, J. C.: Duale Reihe Physiologie. S. 394ff

²¹⁹ Gluconeogenese = körpereigene Zuckerproduktion

²²⁰ Substrat = Ausgangsstoff einer biochemischen Reaktion

²²¹ Osteoporose = Abnahme der Knochendichte, Knochenschwund (Quelle: <https://flexikon.doccheck.com/de/Osteoporose>. Datum des Zugriffs: 18.12.2019)

²²² U.a. Adrenalin und Noradrenalin gehören zu der Stoffgruppe der Katecholaminen

²²³ Leukozyten = weiße Blutkörperchen, welche die zellulären Elemente des menschlichen Immunsystems bilden

²²⁴ Erythrozyten = rote Blutkörperchen, welche für den Sauerstofftransport zuständig sind

²²⁵ Thrombozyten = Blutplättchen, welche für die Blutstillung elementar sind

²²⁶ Vgl. BEHREND, J. C.: Duale Reihe Physiologie. S. 383ff

Wie bereits erwähnt gibt es in der Reizweiterleitungskaskade auch eine Verbindung ins Limbische System, in welchem vor allem die Amygdala eine bedeutende Rolle spielt. Diese Formation - aufgrund seiner physischen Erscheinung zu Deutsch auch als „Mandelkern“ bezeichnet - ist Teil des auditorischen Systems und ist vorwiegend für emotionales Lernen zuständig. Dies gilt sowohl im Falle positiver Emotionen, aber auch und vor allem in Situationen, welche mit negativen Emotionen gekoppelt sind. So kommt es, dass der Organismus mit der Zeit negativ empfundenen Schall mit einer zunehmend stärkeren und überschießenden Reaktion begegnet, da Reaktionszeiten verkürzt werden und die Anzahl der beteiligten Neuronen mit der Zeit zunimmt.²²⁷

All diese Prozesse erklären die vielfältigen und zum Teil unspezifischen motorischen und autonomen Reaktionen des Organismus auf Schall. An dieser Stelle muss allerdings angemerkt werden, dass es sich hierbei nicht um schallspezifische Reaktionen handelt, sondern auch andere Umweltreize als Trigger fungieren können. Im Grunde handelt es sich dabei um eine biologische Schutzfunktion, welche den Organismus für ein Kampf- oder Fluchtscenario bereit machen soll. Das ist auch der Grund dafür, weshalb keine bewusste Wahrnehmung für die Auslösung dieser Prozesse von Nöten ist. Selbst während des Schlafens kommt es zu derartigen Reaktionen bei Schallexposition, wobei das Ausmaß bei gleichem Maximalpegel stärker ausfällt und die Wahrnehmungsschwelle um ca. 10 dB niedriger ist als am Tag.²²⁸

2.4.3 Hörbereich des Menschen

Wie bereits im Kapitel 2.1.3 erwähnt, ist das Hörvermögen des Menschen durch den Aufbau und die Funktionsweise auf einen gewissen Schallfrequenz- und Schalldruckbereich beschränkt (siehe Abbildung 27). Jener Frequenzbereich, der wahrgenommen werden kann, liegt zwischen 16 Hzr und 20.000 Hz. Voraussetzung dafür ist, dass die Töne einen gewissen Mindestschallpegel erreichen, welcher als Hörschwelle bezeichnet wird. Die Hörschwelle ist frequenzabhängig, sie liegt beispielsweise zwischen 1.000 Hz und 6.000 Hz am niedrigsten. Genauso von der Schallfrequenz abhängig ist die Schmerzgrenze, welche den maximal wahrnehmbaren Schallpegel beschreibt, bei welchem Töne bereits als schmerzhaft empfunden werden. Etwas darunter werden die Töne als unangenehm laut wahrgenommen, dieser Bereich nennt sich Unbehaglichkeitschwelle.²²⁹

²²⁷ Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 132

²²⁸ Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 132

²²⁹ Vgl. KLINK, K. B.; MEIS, M.: Schall- und Lärmwirkung. Grundlagen des Hörens, Schallwirkungen und Maßnahmen im Büroumfeld. S. 11

Hinsichtlich ihrer Bedeutung im Alltag haben gewisse Frequenzen und Schallpegel eine weitaus höhere Wichtigkeit als andere. Für das Sprachverstehen und die Wahrnehmung von Sprache sind vor allem Frequenzen von ungefähr 120 Hz bis 4.000 Hz wichtig, obwohl die menschliche Stimme auch Frequenzen jenseits dieses Spektrums erzeugen kann (Bereich Sprachwahrnehmung in Abbildung 27). Für die Musikwahrnehmbarkeit kann dieser Frequenzbereich sowohl nach oben als auch nach unten erweitert werden. Der als angenehm empfundene Bereich hinsichtlich des Schalldruckpegels liegt in etwa zwischen 30 dB (sehr leise) und 90 dB (sehr laut).²³⁰

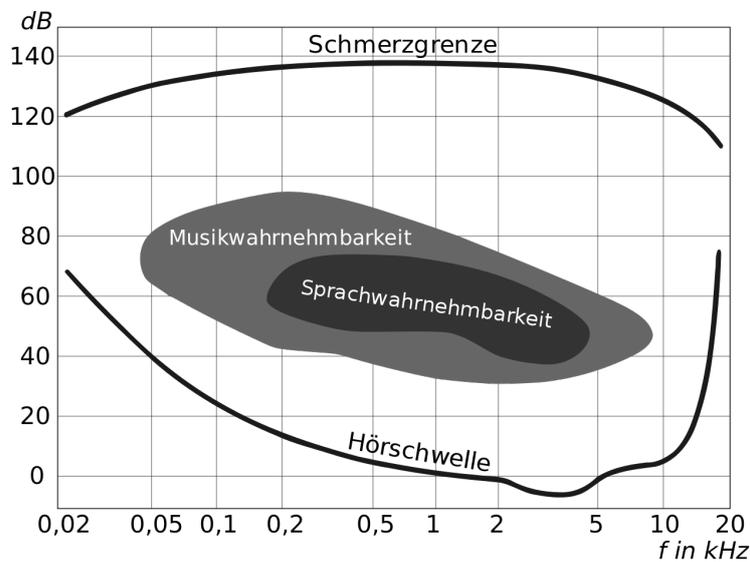


Abbildung 27 - Hörbereich des menschlichen Ohrs²³¹

²³⁰ Vgl. KLINK, K. B.; MEIS, M.: Schall- und Lärmwirkung. Grundlagen des Hörens, Schallwirkungen und Maßnahmen im Büroumfeld. S. 11

²³¹ <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8d/Hoerflaeche.svg/1280px-Hoerflaeche.svg.png>. Datum des Zugriffs: 07.12.2019

3 Wirkung von Lärm auf den Organismus

Dass Schall große Auswirkungen auf den menschlichen Körper haben kann, ist schon lange bekannt. Bereits im alten China wurde Lärm als Foltermethode eingesetzt, indem Menschen an eine Tag und Nacht läutende Glocke festgeschnallt und somit in den Wahnsinn getrieben wurden.²³²

Die Auswirkungen des Lärms präsentieren sich mannigfaltig. Sie betreffen zunächst vor allem das Hörorgan und seine Funktion selbst, können darüber hinaus aber auch physiologische Funktionen des Herz-Kreislaufsystems und des hormonellen Systems, vor allem aber auch das psychische Wohlbefinden stark beeinträchtigen. Diese Wirkungen sind gesundheitlich natürlich relevant, auch wenn die klinisch-pathologischen Krankheitsbilder oft nicht explizit einer Lärmexposition zugeschrieben werden können, da diese oft Produkte einer multifaktoriellen Genese sind. Die Beweisführung bezüglich des Zusammenhangs zwischen Lärmbelastung und Gesundheitsstörung ist eine mühsame, doch es ist davon auszugehen, dass Lärm langfristig bei der Entstehung chronischer Erkrankungen eine Rolle spielt und somit aus gesundheitlicher Sicht auf keinen Fall außer Acht gelassen werden darf. Einen Hinweis dafür liefert auch eine Studie aus dem Jahr 1992, bei welcher festgestellt wurde, dass mit zunehmendem Schallpegel am Arbeitsplatz gleichzeitig eine Zunahme krankheitsbedingter Fehltage und ein vermehrtes Auftreten von Burnouts zu beobachten waren.²³³

Das menschliche Hörorgan ist vor allem dahingehend speziell, als dass es keiner expliziten Aufmerksamkeit bedarf, um Schall wahrzunehmen. Es ist daher jederzeit voll funktionsfähig, was zur Folge hat, dass selbst während des Schlafens akustische Signale perzipiert und an das Gehirn weitergeleitet werden, welches sich wiederum mit der Verarbeitung und der korrekten Interpretation dieser beschäftigt. Dieses Phänomen ist unter anderem ein Grund dafür, dass Schall bzw. Lärm sowohl eine aurale als auch eine nicht-aurale Wirkung auf den Menschen hat.²³⁴

- **aurale Lärmwirkung:** beschreibt jede direkte Wirkung auf das Hörorgan selbst und kann in Lärmschwerhörigkeit²³⁵, Hyperakusis²³⁶ und Tinnitus²³⁷ münden.

²³² Vgl. <http://www.nachtruhe.info/news/folter-glocken-laerm.xhtml>. Datum des Zugriffs: 19.12.2019

²³³ Vgl. MELAMED, S.; LUZ, J.; GREEN, M. S.: Noise exposure, noise annoyance and their relation to psychological distress, accident and sickness absence among blue-collar workers—the Cordis Study. In: Israel journal of medical sciences, 28/1992. S. 629-635

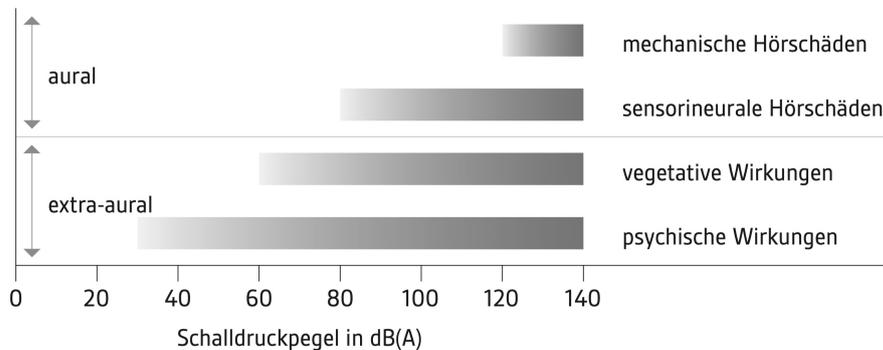
²³⁴ Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 125ff

²³⁵ Lärmschwerhörigkeit = Ist eine Erkrankung, welche mit einer Erhöhung der Hörschwelle und einer Verminderung des Hörvermögens einhergeht (Quelle: <https://flexikon.doccheck.com/de/Schwerhörigkeit>. Datum des Zugriffs: 13.10.2019)

²³⁶ Hyperakusis = pathologische Überempfindlichkeit gegenüber normallauten Geräuschen (Quelle: <https://flexikon.doccheck.com/de/Hyperakusis>. Datum des Zugriffs: 13.10.2019)

²³⁷ Tinnitus = Geräuscheindrücke, die nicht durch ein Schallereignis ausgelöst werden (Quelle: https://flexikon.doccheck.com/de/Tinnitus_aurium. Datum des Zugriffs: 13.10.2019)

- **extra-aurale Lärmwirkung:** beschreibt jeden Effekt auf den menschlichen Gesamtorganismus und betrifft vor allem Schlaf, Gesundheit und kognitive Leistungsfähigkeit²³⁸

Abbildung 28 - aurale und extra-aurale Lärmwirkung²³⁹

3.1 Aurale Wirkung von Lärm

Direkte körperliche Schäden verursacht von Schalleinwirkungen entstehen erst bei sehr hohen Schalldruckpegeln. Einerseits spricht man dabei von sensorineuralen Hörschäden, also von Schäden am Hörnerv bzw. an den Haarsinneszellen (Zilien) im Innenohr, welche für das Hörvermögen elementar sind. Diese Schäden sind in der Regel irreversibel. Andererseits kann es zu mechanischen Schäden kommen, worunter beispielsweise ein Riss des Trommelfells oder ein Schaden an den Gehörknöchelchen fallen. An dieser Stelle ist es wichtig, Folgendes zu erwähnen: Aurale Schädigungen müssen nicht zwingend durch Lärm entstehen, sprich einem unerwünschten Geräusch (siehe 2.1.3). Für diese Art der Gehörschädigung sind ausschließlich die physikalischen Eigenschaften des Schalls ausschlaggebend. So kann auch ein als angenehm empfundenes bzw. erwünschtes Geräusch (z.B.: laute Musik) diese Schäden hervorrufen.

Auf der Belastungsseite unterscheidet man zwischen chronischer Belastung, sprich einer dauerhaften Lärmeinwirkung auf das Hörorgan, und akuten Ereignissen, welche auch nur kurz auf den menschlichen Körper einwirken können (Einzelschallereignisse).²⁴⁰

Bei der Schwerhörigkeit werden in Abhängigkeit davon, welcher Teil des Sinnesorgans beschädigt ist, zwei grundsätzliche Arten voneinander unterschieden. Kann der Schall nicht ungehindert ins Innenohr gelangen,

²³⁸ Vgl. <https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/laermwirkungen/8534>. Datum des Zugriffs: 10.10.2019

²³⁹ Vgl. KLINK, K. B.; MEIS, M.: Schall- und Lärmwirkung. Grundlagen des Hörens, Schallwirkungen und Maßnahmen im Büroumfeld. S. 18

²⁴⁰ Vgl. BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. H.: GUIDELINES FOR COMMUNITY NOISE. Guideline. S. vii

spricht man von einer Schalleitungsschwerhörigkeit. Folglich fällt der signalverstärkende Effekt der Gehörknöchelchen weg und alle Geräusche werden leiser wahrgenommen. Bei einem Hörtest mittels Audiogramm äußert sich dieses Phänomen als eine gleichmäßige Schwerhörigkeit über alle Frequenzen hinweg. Schalleitungsstörungen können durch Verlegungen des Außen- und Mittelohrs, ein gerissenes Trommelfell oder durch eine Versteifung der Gehörknöchelchenkette entstehen.²⁴¹

Eine Schallempfindungsschwerhörigkeit²⁴² hingegen ist entweder die Folge einer Schädigung der Haarsinneszellen im Innenohr oder am Hörnerv selbst. Derartige degenerative Veränderungen zählen einerseits zum Alterungsprozess (meist ab einem Alter von 50 bis 60 bemerkbar), können andererseits aber auch durch vermehrte Schallexposition hervorgerufen oder verstärkt werden. In zweiterem Fall wird die Schallempfindungsschwerhörigkeit auch als Lärmschwerhörigkeit bezeichnet. Das verringerte Schallempfinden ist vor allem die Folge der beschädigten äußeren Stereozilien. Durch ihre verminderte Funktion können leise Töne immer schlechter wahrgenommen werden, während laute Töne davon kaum beeinflusst werden. Werden allerdings die inneren Zilien beschädigt, führt das zur schlechteren Wahrnehmung vom betroffenen Frequenzbereich (siehe Abbildung 25). Eine Innenohrschwerhörigkeit hat somit zur Folge, dass das Gehörte verzerrt wird, wodurch das Sprachverstehen meist deutlich reduziert ist.²⁴³



Abbildung 29 - Bild einer gesunden Cochlea²⁴⁴

²⁴¹ Vgl. KLINK, K. B.; MEIS, M.: Schall- und Lärmwirkung. Grundlagen des Hörens, Schallwirkungen und Maßnahmen im Büroumfeld. S. 16

²⁴² Schallempfindungsschwerhörigkeit = Innenohrschwerhörigkeit = sensorineurale Schwerhörigkeit

²⁴³ Vgl. KLINK, K. B.; MEIS, M.: Schall- und Lärmwirkung. Grundlagen des Hörens, Schallwirkungen und Maßnahmen im Büroumfeld. S. 16

²⁴⁴ <http://dantepfer.com/blog/?p=277>. Datum des Zugriffs: 05.12.2019

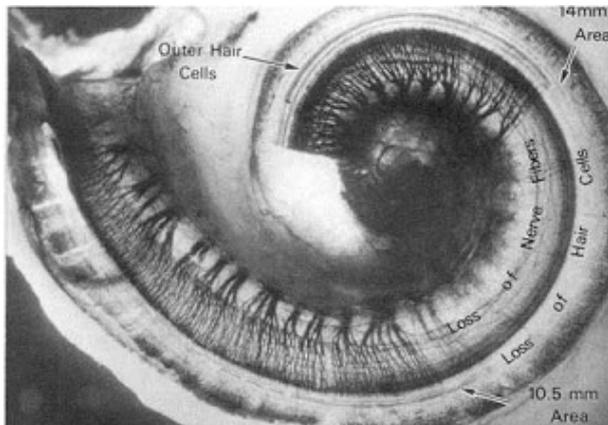


Abbildung 30 - Bild einer Cochlea mit vorhandener auraler Schädigung²⁴⁵

Um die nachstehende Abbildung besser interpretieren zu können, wird dieses Messverfahren kurz erläutert: Um das Vorliegen und die Schwere eines Hörverlusts bestimmen zu können, wird ein Tonaudiogramm (siehe Abbildung 31) erstellt. Dabei wird die subjektive Hörsensibilität für Töne unterschiedlicher Frequenzbereiche ermittelt. „HL“ steht für „hearing level“. Bei einer normalhörenden Person liegt die Hörschwelle um 0 dB HL. Die Skalierung des Audiogramms erfolgt so, dass die Hörschwelle normalhörender Menschen bei jedem Frequenzbereich um 0 dB HL liegt, die abweichende Sensibilität bezüglich der unterschiedlichen Frequenzbereiche wird also ausgeglichen. Die erhobenen Werte werden auf der Ordinate nach unten hin aufgetragen. Je tiefer folglich der Wert der y-Achse liegt, desto schlechter ist das Hörvermögen und desto gravierender ist der Hörverlust. Der genormte Bereich der Schwerhörigkeit beginnt bei Werten über 20 dB HL.²⁴⁶

²⁴⁵ <http://biol1020-2012-1.blogspot.com/2012/04/deafness-found-lurking-in-genes.html>. Datum des Zugriffs: 05.12.2019

²⁴⁶ Vgl. KLINK, K. B.; MEIS, M.: Schall- und Lärmwirkung. Grundlagen des Hörens, Schallwirkungen und Maßnahmen im Büroumfeld. S. 15

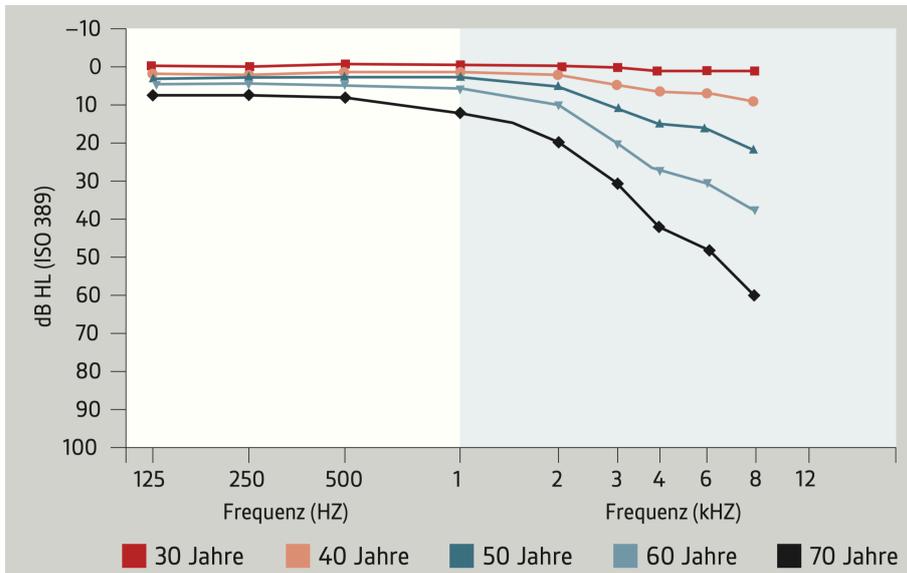


Abbildung 31 - altersbezogener Hörverlust²⁴⁷

Kommt es zu einer auralen Schädigung durch Schall, beginnt die resultierende Lärmschwerhörigkeit typischerweise mit einer sogenannten c_5 -Senke (siehe Abbildung 32), welche einen isolierten Hörverlust im Bereich zwischen 3 und 6 kHz beschreibt. Wird die extreme Lärmexposition nicht beendet, vertieft sich die c_5 -Senke noch weiter und breitet sich zusätzlich auch auf die höheren und tieferen Frequenzen aus. Im medizinischen Sinne unterscheidet sich die Lärmschwerhörigkeit dadurch ganz wesentlich von der Altersschwerhörigkeit, welche sich vor allem durch den Hörverlust im hohen Frequenzbereich auszeichnet.

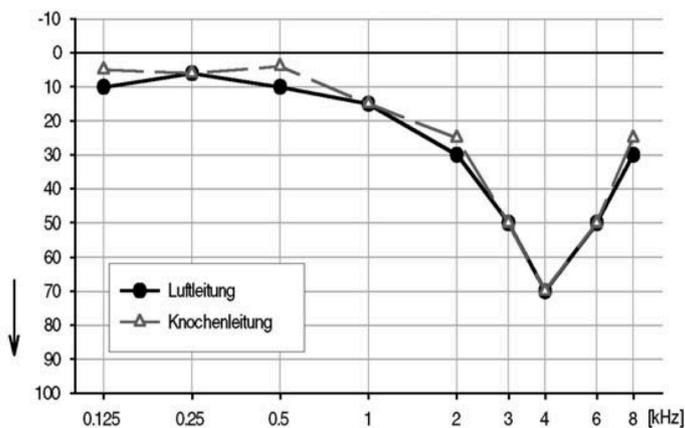


Abbildung 32 - charakteristische c_5 -Senke einer Lärmschwerhörigkeit²⁴⁸

²⁴⁷ KLINK, K. B.; MEIS, M.: Schall- und Lärmwirkung. Grundlagen des Hörens, Schallwirkungen und Maßnahmen im Büroumfeld. S. 15

²⁴⁸ KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 129

Gemäß den WHO Guidelines kann eine aurale Schädigung bei akuten Ereignissen erst bei über 140 dB beim Erwachsenen und bei über 120 dB bei Kindern auftreten. Bei einer Dauerschallpegelbelastung (24 Stunden täglich) unter 70 dB ist keine Evidenz bezüglich einer damit verbundenen Lärmschwerhörigkeit gegeben, wenngleich in der Arbeitsmedizin ein Dauerschallpegel über 85 dB (acht Stunden täglich) als potentiell bedrohlich eingestuft wird.^{249, 250}

Im Falle einer Verschlechterung des Hörvermögens, stellt meist nicht die Erkrankung selbst die größte Bürde für den Betroffenen dar, sondern viel mehr die sozialen Beeinträchtigungen, welche sich aus den Kommunikationsproblemen im Alltag ergeben. Bereits bei einer gering ausgeprägten Schwerhörigkeit (verschlechtertes Hörvermögen um ca. 10 dB) kommt es zu einer merklichen Beschränkung des Sprachverstehens und zu einer Vielzahl an persönlichen Handicaps und Verhaltensänderungen, welche allesamt in sozialer Isolierung und Zurückhaltung münden.²⁵¹

²⁴⁹ Vgl. BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. H.: GUIDELINES FOR COMMUNITY NOISE. Guideline. S. ix

²⁵⁰ Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 130

²⁵¹ Vgl. BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. H.: GUIDELINES FOR COMMUNITY NOISE. Guideline. S. ix

3.2 Extra-aurale Wirkung von Lärm

Extra-aurale Wirkungen können in drei unterschiedliche Reaktionen gegliedert werden:²⁵²

- **Primärreaktionen** beschreiben Akutreaktionen direkt nach dem Schallreiz. Dazu gehören Kommunikations-, Schlaf- und autonome Funktionsstörungen.
- **Sekundärreaktionen** setzen meist etwas verzögert nach dem Schallereignis ein. Zu diesen zählen eine beeinträchtigte Schlafqualität, kognitive Leistungsstörungen bzw. das Gefühl der Belästigung.
- **Tertiärreaktionen** umfassen alle klinische relevanten Gesundheitsschäden oder bleibende Verhaltensänderungen, die einer chronischen Lärmbelastung zugeschrieben werden können oder durch langfristig wiederholte Primär- und Sekundärreaktionen entstehen.

3.2.1 Primäre extra-aurale Lärmwirkung

3.2.1.1 Gestörte Kommunikation durch Lärm

Wenngleich Informationen auf vielen Wegen vermittelt werden können, kommt der akustischen Kommunikation wohl die bedeutsamste Rolle bezüglich des zwischenmenschlichen Informationsaustauschs zu. Zum einen ist das menschliche Ohr stets bereit zur Signalverarbeitung und bietet somit einen exzellenten Trigger, um die Aufmerksamkeit einer Person zu erlangen, zum anderen ist es bei gegebener Aufmerksamkeit möglich, eine enorme Fülle an Informationen weiterzugeben, beispielsweise auch solche, welche die zwischenmenschliche Beziehung zwischen Sprecher und Hörer vermitteln. Dennoch besteht die Problematik, dass akustische Informationen transient sind, was zur Folge hat, dass durch Störgeräusche maskierte²⁵³ Schallsignale unwiederbringlich verloren gehen. Eine lärmarme Umwelt ist daher genauso entscheidend, wie ein gesundes und intaktes Gehör, um den hohen Anforderungen einer sprachlichen Interaktion gerecht zu werden.²⁵⁴

²⁵² Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 125f

²⁵³ maskierter Schall = durch Störgeräusche verdeckter Schall

²⁵⁴ Vgl. BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. H.: GUIDELINES FOR COMMUNITY NOISE. Guideline. S. viiif

Eine gestörte sprachliche Kommunikation kann entstehen, wenn:

- Störschall den Informationsschall maskiert
- Störschall von der aktuellen Tätigkeit ablenkt
- ein lärmbedingter Hörverlust vorliegt

Eine Schallmaskierung ergibt sich umso ausgeprägter, je mehr sich die Frequenzbereiche von Informations- und Störschall überlappen, je größer die Gesprächsdistanz²⁵⁵ ist und je stärker die Frequenzen und die Lautstärke des Störgeräusches fluktuieren. Wie unter anderem im medizinischen Fachmagazin „Intensiv: Fachzeitschrift für Intensivpflege und Anaesthesie“ geschrieben wurde, bedarf es eines Schallpegels des gesprochenen Wortes, welcher 15 dB über jenem Schallpegel der Hintergrundgeräusche liegt, um überhaupt verstanden werden zu können.²⁵⁶

Zusätzlich hängt auch die Sprachverständlichkeit unter Einwirkung von Störgeräuschen von mehreren Parametern ab, dazu zählen:²⁵⁷

- Schallpegel und Frequenz, sowohl von Sprache als auch von Umweltgeräusch
- Raumbeschaffenheit
- Gesprächsdistanz und visueller Kontakt
- störgeräuschbedingte Veränderung der Sprache
- Belastung von Sprecher und Hörer
- Artikulation der Sprache und Hörvermögen
- Wortwahl und Sprachkompetenz

Im Fall einer gestörten Kommunikation können bei den Betroffenen Gefühle der Belästigung, Verärgerung oder der Frustration entstehen, wenn Dialoge mit erhöhter Anstrengung geführt werden müssen, diese mehrfach unterbrochen werden oder die Gesprächspartner zum Nachfragen bzw. Wiederholen gezwungen werden. In Gesundheitseinrichtungen können die Folgen jedoch durchaus weitreichender sein: Werden Warnsignale oder Warnrufe überhört, Untersuchungen wie beispielsweise Auskultationen²⁵⁸ aufgrund Störgeräusche mangelhaft durchgeführt oder Beratungs- und/oder Aufklärungsgespräche nicht ausreichend verstanden, kann dies zu einer fehlerhaften Behandlung von Patienten führen, welche dadurch einen unmittelbaren gesundheitlichen Schaden davontragen können.

²⁵⁵ Gesprächsdistanz = Abstand [m] zwischen Sprecher und Hörer

²⁵⁶ Vgl. SCHRADER, D.; SCHRADER, N.: Lärm auf Intensivstationen und dessen Auswirkungen auf Patienten und Personal. In: Intensiv: Fachzeitschrift für Intensivpflege und Anaesthesie, 9/2001. S. 96-196

²⁵⁷ Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 133f

²⁵⁸ Auskultation = Abhören

Zusätzlich führt eine durch Lärm gestörte Kommunikation zu Verhaltensänderungen, wie dem Lombard Effekt: Dieser beschreibt eine unwillkürliche Anhebung des Sprachschallpegels, welcher auf einer durch Störgeräusche mangelhaften Wahrnehmung der eigenen Sprache basiert. Folglich kommt es durch eine Verzerrung der Sprache zu einer verminderten Verständlichkeit. Die Frequenzbereiche verschieben sich in höhere Spektren, die Sprachdynamik verringert sich und auch die Sprechgeschwindigkeit nimmt ab. Dieser Effekt wird von der Tatsache bestätigt, dass bei einem Anstieg des Sprachpegels um 10 dB die Verständlichkeit bereits um 15 – 40% reduziert wird.²⁵⁹

3.2.1.2 Lärmbedingte Schlafstörungen

Ein erholsamer Schlaf ist für Gesundheit, Wohlbefinden und Leistung grundlegend. Schlafstörungen können einerseits Ausdruck eines pathologischen Geschehens sein, werden heutzutage aber immer häufiger durch Umweltbelastungen verursacht, welche sich aber durch eine geeignete Umweltgestaltung vermeiden lassen würden.

Die physiologische Schlafphase kann in vier bis sechs Schlafzyklen untergliedert werden, welche jeweils eine Dauer von ca. 90-100 Minuten haben. Jeder dieser Zyklen besteht aus einem NREM (Non-REM) und einem REM Anteil (Traumschlaf), welcher durch schnelle Augenbewegungen (Rapid Eye Movements = REM) charakterisiert wird. Die NREM-Phase selbst kann wiederum in vier Schlafstadien unterteilt werden, in welchen die Schlaftiefe zunächst zu und danach wieder abnimmt. Spezifisch für diese Phase ist ebenfalls, dass sie mit jedem Zyklus zugunsten des REM-Anteils kürzer und die maximale Schlaftiefe geringer wird. Der Schlaf-Wachwechsel wird zudem von mehreren Körperfunktionsänderungen begleitet. Beispielsweise nehmen die Herzschlagfrequenz und die Körpertemperatur konstant ab, bis sie um etwa 4.00 Uhr ein Minimum erreichen, um anschließend wieder anzusteigen.²⁶⁰

Was die Struktur und die Dauer des Schlafs angeht, ist signifikant, dass sich diese beiden Parameter mit dem Lebensalter verändern: Schläft ein Neugeborenes bis zu 16 Stunden am Tag mit einem REM-Anteil von ca. 50%, so reduziert sich die Schlafdauer im Alter auf weniger als sechs Stunden, wobei auch die Anteile des Tief- und Traumschlafs erheblich abnehmen. Ein Erwachsener braucht durchschnittlich in etwa sieben bis acht Stunden Schlaf, was interindividuell zwar stark variieren kann, jedoch für jeden Einzelnen außerordentlich konstant bleibt.²⁶¹

²⁵⁹ Vgl. LAZARUS, H.: New methods for describing and assessing direct speech communication under disturbing conditions. In: Environment International, 16/1990. S. 373-392

²⁶⁰ Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 139f

²⁶¹ Vgl. ROFFWARG, H. P.; MUZIO, J. N.; DEMENT, W. C.: Ontogenic Development of the human sleep-dream cycle. In: Science, 152/1966. S. 604-619

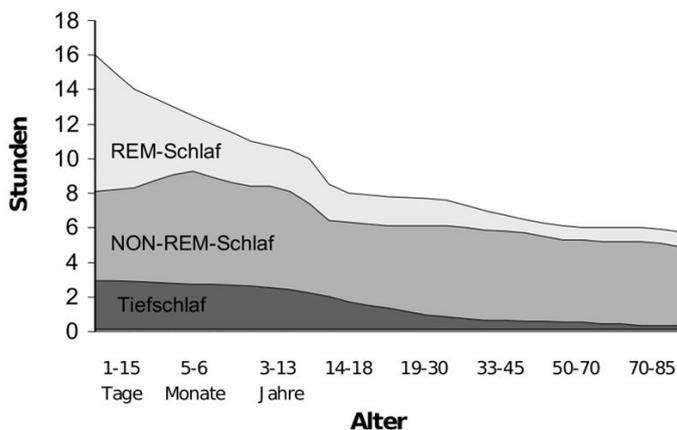


Abbildung 33 - durchschnittliche Schlafdauer untergliedert in unterschiedliche Schlafphasen in Relation zum Lebensalter²⁶²

In der Abfolge bzw. der Chronologie der umweltbedingten Schlafstörungen können folgende drei Unterteilungen vorgenommen werden:²⁶³

- **Primäre Störungen:** Darunter fallen alle akuten Störungen, wie verzögertes Einschlafen, intermittierendes oder zu frühes Aufwachen, vegetative und motorische Funktionsänderungen, sowie globale, über die gesamte Nacht auftretende Veränderungen des Schlafverhaltens.
- **Sekundäre Störungen:** Solche Störungen resultieren aus schlafgestörten Nächten und betreffen die subjektiv empfundene Schlafqualität, sowie das mentale und psychomotorische Leistungsvermögen.
- **Tertiäre Störungen:** Sie beschreiben alle manifesten Gesundheitsschäden, zu welchen unter anderem längerfristige Schlafstörungen beitragen können.

An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass zwar die Akutreaktionen zweifelsohne durch Lärm verursacht werden, die Globalreaktion (z.B.: Freisetzung von Stresshormonen) und Sekundär- bzw. Tertiärreaktionen allerdings auch durch andere Stressoren ausgelöst werden können, weshalb der exakte Beitrag des Lärms auf Basis von Studien nicht wirklich quantifiziert werden kann.

Die am häufigsten untersuchten, lärmbedingten Schlafstörungen und damit auch die am besten dokumentierten Reaktionen sind die **Primärreaktionen**. Deren Häufigkeit und Ausmaß sind von mehreren akustischen und nicht-akustischen Parametern anhängig, von welchen die bedeutsamsten nachfolgend erwähnt werden.

²⁶² ROFFWARG, H. P.; MUZIO, J. N.; DEMENT, W. C.: Ontogenic Development of the human sleep-dream cycle. In: Science, 152/1966. S. 604-619

²⁶³ Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 141

Ein enorm wichtiger Faktor, der darüber entscheidet, ob eine Person aufwacht oder ob diese Person weiterschläft, ist der Informationsgehalt eines Geräusches. Unterschiedliche Schallsignale gleicher akustischer Belastung werden vom Körper unterschiedlich beantwortet - ein Phänomen, welches große interindividuelle Unterschiede zeigt. Grund dafür ist der ungleiche Erfahrungsschatz von Personen, welcher für die Wahrnehmung des Informationsgehaltes eines Schallsignals grundlegend ist. Erfahrungsschätze können sich im Laufe der Zeit ändern, was der Grund dafür ist, weshalb es die Möglichkeit der Sensibilisierung und der Gewöhnung gegenüber einem Geräusch gibt. Interessant dabei ist, dass es bezüglich der Gewöhnung auch große Unterschiede zwischen den Beurteilungskriterien für eine gute Schlafqualität gibt: Während autonome Funktionsänderungen und Körperbewegungen weder innerhalb einer, noch innerhalb mehrerer Nächte Gewöhnungstendenzen zeigen, sind bei Aufwachreaktionen und anderen elektrophysiologischen Änderungen unvollständige, beim subjektiven Schlafempfinden sogar rasche und vollständige Kompensationen zu beobachten. Zusätzlich greifen mit der Zeit auch Kompensationsmechanismen, welche den Wiedereinschlafprozess nach lärmbedingtem Aufwachen kürzer werden lassen und tiefere Schlafstadien schneller ermöglichen.^{264, 265, 266}

Ein weiterer bezüglich der Primärreaktion entscheidender Faktor ist der Schallpegel. Dabei handelt es sich vor allem um den Maximalpegel und weniger um den äquivalenten Schallpegel. Im Jahr 2004 wurde im Rahmen einer der größten Studien, die Schallwirkung von Fluglärm betreffend, folgende Grafik (Abbildung 34) erstellt, welche die Wahrscheinlichkeit einer Aufwachreaktion, die mittels Polysomnogramm²⁶⁷ gemessen wurde, in Relation zum Umgebungsmaximalschallpegel beschreibt.²⁶⁸

Als Schwelle fluglärmbedingter Aufwachreaktionen ergab sich im Zuge der Studie ein Maximalpegel von ca. 33 dB. Bei einem Anstieg des Schallpegels um 10 dB erhöhte sich die Aufwachwahrscheinlichkeit um ungefähr 2–3%.

²⁶⁴ Vgl. GRIEFAHN, B. et al.: Physiological, subjective, and behavioural responses to noise from rail and road traffic. In: *Noise & Health*, 3/2000. S. 59-71

²⁶⁵ Vgl. GRIEFAHN, B.; JANSEN, G.; BÖHMER, O.: Schlafstörungen und Hypnotikakonsum bei unterschiedlicher Belastung durch Straßengeräusche. In: *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 39/1985. S. 15-18

²⁶⁶ Vgl. FIDELL, S. et al.: Noise-induced sleep disturbance in residential settings. Report. S. 1ff

²⁶⁷ Polysomnogramm = dient zur Messung bestimmter biologischer Parameter während des Schlafs (Quelle: <https://flexikon.doccheck.com/de/Polysomnographie>. Datum des Zugriffs: 17.10.2019)

²⁶⁸ Vgl. BASNER, M. et al.: Nachtflyglärmwirkungen – Band 1: Zusammenfassung. Publikation. S. 1ff

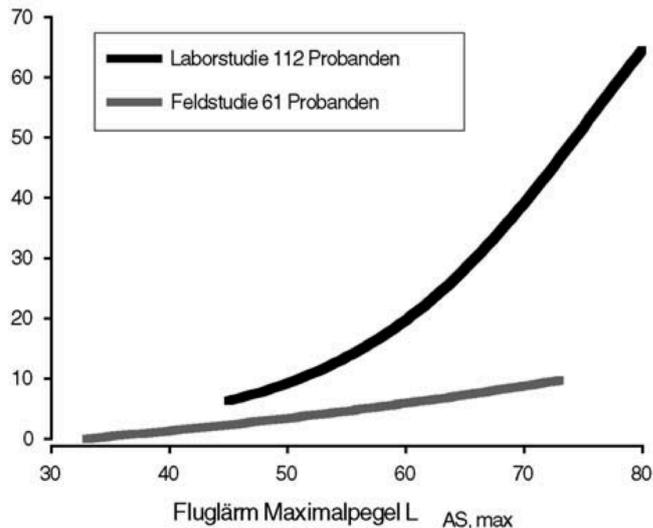


Abbildung 34 - Aufwachwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit vom Fluglärm-Maximalpegel²⁶⁹

Diese Ergebnisse konnten auch in einer anderen Studie weitestgehend bestätigt werden, bei welcher anstelle der Messungen mittels Polysomnogramms die Körperbewegungen von in Summe 418 Personen über elf Nächte aufgezeichnet wurden.²⁷⁰

Schrader D. und Schrader N., welche die Auswirkungen von Lärmexposition explizit auf Intensivstationen erforscht hatten, schrieben in ihrer Publikation 2001 davon, dass ab einem Schallpegel von 60 dB beim Schlafenden im EEG²⁷¹ klar ersichtliche Veränderungen entstehen, in Folge deren die Schlafiefe abnimmt und ein gesunder Mensch langsam erwacht. Bei alten oder kranken Menschen kann diese Aufwachschwelle auf etwa 50 dB absinken. Zusätzlich sind auch bei sedoanalgesierten²⁷² Patienten EEG-Veränderungen ersichtlich, diese sind folglich von einer potentiellen Lärmbelastigung ebenso betroffen. Des Weiteren schreiben sie davon, dass bei einem 70 dB lauten Schallsignal die Aufwachwahrscheinlichkeit bei fast 100% liegt.²⁷³

Abgesehen von Informationsgehalt und Schallschwelle, spielen auch die zeitliche Struktur und die Anzahl der Schallereignisse eine besondere Rolle. Intermittierende, deutlich wahrnehmbare Geräusche, deren Maximalpegel mindestens zehn dB über dem äquivalenten Pegel liegen, stören

²⁶⁹ BASNER, M. et al.: Nachtfluglärmwirkungen – Band 1: Zusammenfassung. Publikation. S. 1ff

²⁷⁰ Vgl. PASSCHIER-VERMEER, W. et al.: Sleep disturbance and aircraft noise exposure - Exposure-effect relationships. TNO report. S. 14f

²⁷¹ EEG = Elektroencephalographie = ist eine Methode zur Messung der Potentialveränderungen im Gehirn (Quelle: <https://flexikon.doccheck.com/de/Elektroenzephalographie>. Datum des Zugriffs: 17.10.2019)

²⁷² Sedoanalgesierte Patienten = Patienten, welche einerseits ein Beruhigungsmittel und andererseits ein schmerzlinderndes Medikament verabreicht bekommen haben

²⁷³ Vgl. SCHRADER, D.; SCHRADER, N.: Lärm auf Intensivstationen und dessen Auswirkungen auf Patienten und Personal. In: Intensiv: Fachzeitschrift für Intensivpflege und Anaesthesie, 9/2001. S. 96-106

stärker, als eher kontinuierliche Geräusche bei ein und demselben äquivalenten Pegel. Außerdem nimmt, was ohnehin als logisch erscheint, die Häufigkeit der lärmbedingten Aufwachreaktionen und Körperbewegungen mit der Anzahl der Schallreize zu, obwohl mit steigender Häufigkeit der Schallereignisse gleichzeitig der Anstieg der Körperbewegungen abnimmt und sich auch das Risiko einer Aufwachreaktion, bezogen auf einzelne Schallreize, reduziert.²⁷⁴

Weitere individuelle und situative Einflussfaktoren können sein:²⁷⁵

- Lebensalter
- Persönlichkeitsmerkmale (z.B.: erhöhte Ängstlichkeit, Lärmempfindlichkeit, Stresstoleranz etc.)
- Schlaftiefe (Aufwachreaktion in NREM-Phase 1 ist einfacher auszulösen als dieselbe in NREM-Phase 4)
- Situative Einflüsse (z.B.: Krankenhausaufenthalt, Vorliegen von Erkrankungen etc.)

Schlafstörungen werden von Betroffenen vor allem auf Grund der **sekundären Störungen**, das heißt, die schlechter empfundene Schlafqualität und die beeinträchtigte Leistungsfähigkeit und Stimmung, als gravierend empfunden. Die subjektive Schlafqualität ist hauptsächlich von den erinnerten Wachphasen abhängig, also von Einschlafphase, intermittierende Wachphasen (Schlafstörungen zu Beginn der Nacht werden als weniger belastend und störend empfunden) und frühzeitiges Aufwachen. Überdies spielen die Persönlichkeit, die aktuelle Situation der betroffenen Person und das Verteilungsmuster der einwirkenden Geräusche eine gewichtige Rolle.²⁷⁶

Was die **tertiären Störungen** (manifeste Gesundheitsschäden durch chronische Schlafstörungen) betrifft, ist dieser Zusammenhang, ob der plausibel wirkenden Annahme, mit der aktuellen Datenlage mittels Studien nicht beweisbar.

Lärmbedingte Schlafstörungen sind eher moderat und deren Relevanz ist teilweise im Hinblick auf sekundäre, insbesondere aber auf Langzeiteffekte noch nicht zur Gänze geklärt. Prinzipiell wird daher den primären Störungen (den durch Lärm verursachten Aufwachreaktionen) die größte Bedeutung zugeschrieben.

²⁷⁴ Vgl. GRIEFAHN, B.; JANSEN, G.; BÖHMER, O.: Schlafstörungen und Hypnotikakonsum bei unterschiedlicher Belastung durch Straßengeräusche. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 39/1985. S. 15-18

²⁷⁵ Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 144f

²⁷⁶ Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 145f

3.2.1.3 Autonome Funktionsänderungen

Wie bereits unter den physiologischen Grundlagen in Kapitel 2.4.2 beschrieben wurde, hat Lärm eine sympathikotone Wirkung²⁷⁷ auf das vegetative Nervensystem. Dies hat zahlreiche Reaktionen des Organismus zur Folge, wie beispielsweise:²⁷⁸

- eine Steigerung der Herzschlagfrequenz, des Gefäßwiderstands (bedeutet eine Kontraktion der Gefäße) und des Blutdrucks,
- eine vermehrte Ausschüttung von Adrenalin, Noradrenalin und Cortisol und
- eine erhöhte Sezernierung von Fettsäuren, Triglyzeriden und Cholesterin im Serum.

Kardiovaskuläre²⁷⁹ Reaktionen werden untertags ab einer Reizschwelle von etwa 65 bis 70 dB ausgelöst. Das sind Werte, bei denen noch keine aurale Schädigung zu erwarten ist. Diese Schwelle ist in der Nacht um ungefähr 10 dB niedriger. Dabei kommt es zwischenzeitlich zu einem Anstieg der Herzfrequenz und zu einer Erhöhung des peripheren Gefäßwiderstands, was eine Minderdurchblutung in den Extremitäten zur Folge hat. Das Ausmaß dieser Reaktion ist vor allem vom Schallpegel abhängig.²⁸⁰

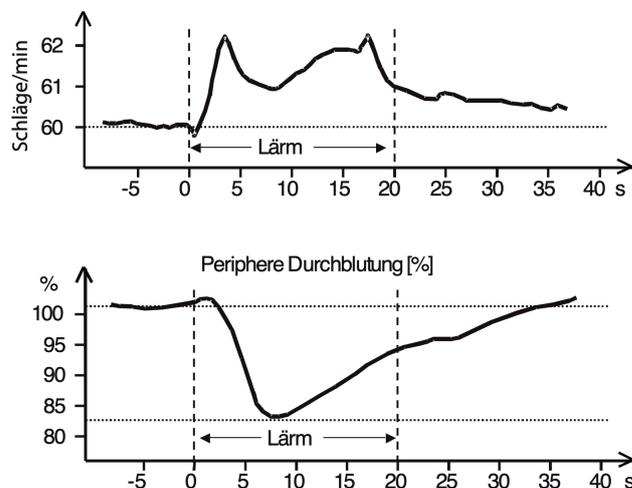


Abbildung 35 - durchschnittlicher Verlauf einer kardiovaskulären Reaktion (Herzfrequenz und periphere Durchblutung) bei Einwirkung von Schallereignissen von 62 – 80 dB²⁸¹

²⁷⁷ Sympathikotone Wirkung = den Sympathikus anregende Wirkung

²⁷⁸ Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ARBEIT: LÄRM - Wirkungen und Gefahren für die Gesundheit. <https://www.arbeitsinspektion.gv.at/cms/inspektorat/dokument.html?channel=CH3205&doc=CMS1453975812677>. Datum des Zugriffs: 18. Oktober 2019

²⁷⁹ kardiovaskulär = bedeutet, dass sowohl das Herz, als auch das Gefäßsystem betroffen sind (Quelle: <https://flexikon.doccheck.com/de/Kardiovaskulär>. Datum des Zugriffs: 16.01.2020)

²⁸⁰ Vgl. JANSEN, G.: Zur Nervösen Belastung Durch Lärm. S. 33f

²⁸¹ GRIEFAHN, B.; DI NISI, J.: Mood and cardiovascular functions during noise, related to sensitivity, type of noise and sound pressure level. In: Journal of Sound and Vibration, 155/1992. S. 111-123

Im Gegensatz zu den kardiovaskulären Reaktionen auf Lärm, kann bezüglich eines Zusammenhangs zwischen Lärmexposition und **Stresshormone sezernierung**²⁸² auf Basis von Studien keine klare und eindeutige Schlussfolgerung erstellt werden. Sowohl in Labor-, als auch in Feldversuchen konnten vermehrte, gleichbleibende und sogar abfallende Hormonausschüttungen unter Schalleinwirkung beobachtet werden, wobei die Änderungen der einzelnen Hormone keinesfalls gleichartig verläuft. Auch eine Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Schallpegel, Häufigkeit und Dauer der Geräusche, der Lärmart und der hormonellen Reaktion kann nicht hergestellt werden.²⁸³ <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/sezernieren/61329>

Dennoch wurde im Jahr 2003 mittels Auswertung von insgesamt 44 Studien versucht, das Verhalten von Adrenalin, Noradrenalin und Cortisol unter Lärmexposition genauer zu beschreiben, mit folgendem Ergebnis:

- In 29 der 44 Studien wurde die Katecholaminausschüttung unter Lärm gemessen. Dabei konnte eine signifikante Zunahme der Adrenalinsekretion in nur sechs Studien und eine erkennbare Zunahme an Noradrenalin in acht Studien gemessen werden. Bei den übrigen Messungen wurde keine Katecholaminänderung oder sogar ein Abfall der Hormone gemessen.
- In 34 der 44 Studien wurde die Cortisolausschüttung unter Lärmexposition bestimmt. Dabei konnte in sieben Studien ein signifikanter Cortisolanstieg gemessen werden, in den übrigen Untersuchungen wurde keine Änderung oder eventuell sogar eine leichte Senkung des Hormons nachgewiesen.²⁸⁴

Darüber hinaus wurde auch 2004 bei einer Studie mit in Summe 112 Studienteilnehmern im Labor eine Zunahme des Cortisolspiegels im Labor beobachtet, welcher einer akustischen Belastung zugeschrieben werden konnte.²⁸⁵

Ein weiterer möglicher Effekt von chronischer Lärmeinwirkung auf Patienten in einem Krankenhaus wurde in einem Artikel des American Journal of Public Health erwähnt. Fife und Rappaport beobachteten den Wundheilungsverlauf von Patienten nach erfolgter Kataraktoperation²⁸⁶ in einem Krankenhaus. In dieser Studie wurde eine Zeitperiode, während welcher eine umfangreiche Baumaßnahme im Krankenhausumfeld umgesetzt wurde, mit einer zweiten verglichen, während welcher keine außerge-

²⁸² Sezernierung = bezeichnet jenen Vorgang, bei welchem von Drüsen, Wunden oder Zellen Sekrete abgegeben werden (Quelle: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/sezernieren/61329>. Datum des Zugriffs: 17.01.2020)

²⁸³ Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 150

²⁸⁴ Vgl. GRIEFAHN, B. et al.: Vorschlag eines Bewertungssystems für Fluglärm. In: ErgoMed, 6/2003. S. 184-191

²⁸⁵ Vgl. BASNER, M. et al.: Nachtfluglärmwirkungen – Band 1: Zusammenfassung. Publikation. S. 1ff

²⁸⁶ Katarakt = zu Deutsch "grauer Star"

wöhnlichen Lärmquellen festzustellen waren. Das Ergebnis der Untersuchungen zeigte, dass während der Bauzeit die Wundheilungsdauer signifikant anstieg. Daraufhin wurde die Hypothese aufgestellt, dass auch Wundheilungsvorgänge von eventuellen Lärmexpositionen beeinflusst werden könnten.²⁸⁷

3.2.2 Sekundäre extra-aurale Lärmwirkung

3.2.2.1 Leistungsbeeinträchtigungen

Schon lange gab es die Vermutung, dass Lärm die kognitiven Funktionen, die Wahrnehmung, die Aufmerksamkeit und das Gedächtnis negativ beeinflussen könnte. Dennoch konnte erst im Jahr 1998 der Nachweis erbracht werden, dass jedes irrelevante, mit der Tätigkeit in keinem Zusammenhang stehende Geräusch die kognitive Leistung bereits bei geringen Schallpegeln beeinträchtigen kann.²⁸⁸ Irrelevante Schallereignisse können die Enkodierung²⁸⁹, die Wahrnehmung und den Transfer aufgenommener Informationen und Signale in das Gehirn behindern. Das betrifft einerseits alle akustischen Informationen, welche unter Umständen maskiert werden könnten, auf der anderen Seite aber auch visuelle Signale, was bedeutet, dass der Einfluss auf die Verarbeitung unabhängig vom akustischen Wesen des Reizes ist. Interessant ist auch, dass Leistungsbeeinträchtigung bei störendem Schall zwischen 40 und 95 dB unabhängig vom Schallpegel ist.²⁹⁰ Der dem negativen Einfluss zugrundeliegende Mechanismus ist folgender: Unerwünschte Schalleinflüsse lenken die Aufmerksamkeit von bestimmten Vorgängen oder Objekten ab. Eine bewusste Unterdrückung dieser Empfindung führt zu einer vermehrten Anspannung und fordert eine erhöhte Konzentration, wodurch zusätzliche mentale Kapazitäten in Anspruch genommen werden. Diese fehlen im Anschluss für die eigentliche Informationsverarbeitung und es kommt zu folgenden Nebenerscheinungen:^{291, 292, 293}

- schnellere Ermüdung
- Beeinträchtigung der Arbeitsgedächtnisfunktion

²⁸⁷ Vgl. FIFE, D.; RAPPAPORT, E.: Noise and hospital stay. In: Am J Public Health, 66/1976. S. 1ff

²⁸⁸ Vgl. HYGGE, S.; JONES, D. M.; SMITH, A. P.: Recent developments in noise and performance. retrospektive Studie. S. 5

²⁸⁹ Enkodierung = die initiale Phase der Informationsverarbeitung (Quelle: <https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/enkodierung-von-informationen/4116>. Datum des Zugriffs: 17.10.2019)

²⁹⁰ Vgl. JONES, D. M.: Recent advances in the study of performance in noise. In: Environment International, 16/1990. S. 447-458

²⁹¹ Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 151f

²⁹² Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ARBEIT: LÄRM - Wirkungen und Gefahren für die Gesundheit. <https://www.arbeitsinspektion.gv.at/cms/inspektorat/dokument.html?channel=CH3205&doc=CMS1453975812677>. Datum des Zugriffs: 18.Oktober.2019

²⁹³ Vgl. BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. H.: GUIDELINES FOR COMMUNITY NOISE. Guideline. S. viiff

- gestörtes Satz- und Leseverständnis
- Vernachlässigung von peripheren Geschehnissen mit Überhören und/oder Übersehen von Informationen
- verlangsamte und fehleranfälligeren Entscheidungsfindung
- Beeinträchtigung der Handlungsregulation
- Abnahme der Handgeschicklichkeit

3.2.2.2 Lärmbelästigung

Das Belästigung-Empfinden ist die statistisch gesehen weitaus häufigste Lärmwirkung. Sie drückt sich als ein Gefühl des Missfallens, des Unbehagens oder der Unzufriedenheit aus und stellt eine erhebliche Beeinträchtigung der Lebensqualität und der Behaglichkeit dar. Einerseits entspricht das Ausmaß der empfundenen Belästigung einer Dosis-Wirkungsbeziehung, sprich ein erhöhter Schallpegel über einen längeren Zeitraum führt auch zu einem verstärkten Lästigkeitsurteil, andererseits ist das Empfinden auch von einigen individuellen und situativen Parametern, sogenannten Moderatoren, abhängig. Dazu zählen unter anderem:²⁹⁴

- individuelle Lärmempfindlichkeit
- Sensibilisierung und Gewöhnung gegenüber dem Geräusch
- Zeitpunkt des Auftretens des Geräuschs im Tagesverlauf
- Aufenthaltsort (innen oder außen)
- Art der Tätigkeit während der Schallexposition
- Einstellung zur Lärmquelle (Einschätzung der Wichtigkeit und Gefährlichkeit der Lärmquelle)
- Entfernung von der Lärmquelle
- Sichtbarkeit der Lärmquelle
- Glaube an ein mögliches Ende der Lärmbelästigung

Zusätzlich unterliegt die Lärmbelästigung auch tageszeitlichen Schwankungen und ist vor allem meist dann am höchsten, wenn viel kommuniziert wird.²⁹⁵

Grundsätzlich gilt als Faustregel, dass jeweils ein Drittel des Belästigungsempfindens durch die physikalischen Eigenschaften des Lärms und durch

²⁹⁴ Vgl. GIERING, K.: Lärmwirkungen. Publikation. S. 1

²⁹⁵ Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 152

die verschiedenen Moderatoren zu erklären ist. Die Ursachen des letzten Drittels können jedoch bis jetzt noch nicht wirklich erklärt werden.²⁹⁶

Was die Sensibilisierung gegenüber Geräuschen und die Gewöhnung an Lärm betrifft, konnten diese Effekte im Zuge einer 2010 durchgeführten Studie sehr gut veranschaulicht werden. Dabei wurden jeweils das medizinische Personal, Patienten und Besucher in drei unterschiedlichen Krankenanstalten bezüglich der individuell empfundenen Lärmquellen befragt und die erhobenen Daten ausgewertet (siehe Tabelle 8). Mitarbeiter gaben an, dass in den Krankenzimmern das Sprechen von Besuchern oder jenes von Familienmitgliedern der Patienten („Talking of visitors or patient’s family members“) als am störendsten empfunden wurden, während außerhalb der Zimmer neben Gesprächen von Besuchern und Familienmitgliedern vor allem spielende Kinder („Children playing“) als sehr lärm-belästigend gesehen wurden. Besucher und Patienten haben in puncto Lärmquellen in den Patientenzimmern vor allem das Öffnen bzw. Schließen von Türen („Doors opening or closing“) und das Stöhnen und Weinen anderer Patienten („Patients moaning or crying“) angegeben. Außerhalb der Zimmer sahen Patienten und ihre Besuchenden vor allem in lauten Gesprächen von Besuchern und Angehörigen („Talking of visitors or patient’s family members“), in Renovierungsarbeiten („Renovation of hospitals“), in Zurufen vom Personal („Shouting of nursing staff“), im Öffnen bzw. Schließen von Türen („Doors opening or closing“) und in Trittschallgeräuschen infolge Gehens („Footsteps“) die größten Schallquellen.²⁹⁷

²⁹⁶ Vgl. GUSKI, R.: Status, Tendenzen und Desiderate der Lärmwirkungsforschung zu Beginn des 21. Jahrhunderts. In: Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 49/2002. S. 211-232

²⁹⁷ Vgl. JUANG, D. F. et al.: Noise pollution and its effects on medical care workers and patients in hospitals. In: International Journal of Environmental Science and Technology, 7/2010. S. 705-716

Tabelle 8 – Schallquellen, die von medizinischem Personal, Besuchern und Patienten in drei unterschiedlichen Krankenanstalten angegeben wurden²⁹⁸

Noise Sources	Medical Care Staff Number (percentage)	Patients and Visitors Number (percentage)
Inside the wards	(N=283)	(N=290)
Television sets	98(34.6%)	135(46.6%)
Opening of drawers or clothes chests	94(33.2%)	143(49.3%)
Oxygen or suction apparatuses	70(24.7%)	91(31.4%)
Doors opening or closing	26(9.2%)	175(60.3%)
Radio beeping	80(28.3%)	123(42.4%)
Monitor alarms	1(0.4%)	142(49.0%)
Call bells	67(23.7%)	144(49.7%)
Phone ringing	55(19.4%)	84(29.0%)
Patients moaning or crying	68(24.0%)	154(53.1%)
Medical equipment	25(8.8%)	140(48.3%)
Talking of visitors or patient's family members	147(51.9%)	136(46.9%)
Others	4(1.4%)	126(43.4%)
Outside the wards	(N=283)	(N=290)
Printer at nursing stations	41(14.5%)	83(28.6%)
Call bells at nursing stations	56(19.8%)	141(48.6%)
Shift exchanges of nursing staff	4(1.4%)	131(45.2%)
Shouting of nursing staff	165(58.3%)	147(50.7%)
Rolling of trolley wheels	164(58.0%)	85(29.3%)
Doors opening or closing	7(2.5%)	145(50.0%)
Broadcast	27(9.5%)	128(44.1%)
Renovation of hospitals	102(36.0%)	149(51.4%)
Talking of visitors or patient's family members	198(70.0%)	147(50.7%)
Phone ringing	105(37.1%)	83(28.6%)
Footsteps	20(7.1%)	155(53.4%)
Children playing	235(83.0%)	111(38.3%)
Patients moaning or crying	68(24.0%)	132(45.5%)
Cleaning or sweeping	23(8.1%)	124(42.8%)
Registration and cashier	10(3.5%)	101(34.8%)
Television sets	25(8.8%)	143(49.3%)
Talking of workers at nursing stations	143(50.5%)	116(40.0%)
Others	1(0.4%)	122(42.1%)

Besonders interessant, die Sensibilisierung und die Gewöhnung gegenüber Schall betreffend, sind zusätzliche Informationen, welche aus Tabelle 8 gewonnen werden können. Beispielsweise gab nur eine einzige der 283 befragten Personen aus dem Kreis des medizinischen Personals an, dass ein Gerätealarm („Monitor alarms“) in einem Patientenzimmer als störend empfunden wurde, während in denselben Krankenhäusern 144 der 290 befragten Patienten und Besucher diese Alarmer als Lärmquelle gesehen haben. Ähnlich verhält es sich beim medizinischen Equipment („Medical equipment“) in den Zimmern: Nur 25 der 283 befragten Mitarbeiter gaben dieses als belastend an. Dem gegenüber stehen allerdings 140 der 290 befragten Patienten bzw. Besucher.

²⁹⁸ JUANG, D. F. et al.: Noise pollution and its effects on medical care workers and patients in hospitals. In: International Journal of Environmental Science and Technology, 7/2010. S. 705-716

Ähnlich verhält es sich bei vielen anderen Punkten:

- In den Patientenzimmern
 - Öffnen bzw. Schließen von Türen: 26 Dokumentationen mitarbeiterseitig zu 175 besucher- und patientenseitig
 - Stöhnen und Weinen anderer Patienten: 68 Dokumentationen mitarbeiterseitig zu 154 besucher- und patientenseitig
- Außerhalb der Patientenzimmer
 - Schichtwechsel der Mitarbeiter („Shift exchanges of nursing staff“): 4 Dokumentationen mitarbeiterseitig zu 131 besucher- und patientenseitig
 - Patientenanmeldung („Registration and cashier“): 10 Dokumentationen mitarbeiterseitig zu 101 besucher- und patientenseitig
 - Trittsgeräusche infolge Gehens: 20 Dokumentationen mitarbeiterseitig zu 155 besucher- und patientenseitig
 - Reinigungs- und Putzgeräusche („Cleaning or sweeping“): 23 Dokumentationen mitarbeiterseitig zu 124 besucher- und patientenseitig
 - Geräusche von Fernsehern („Television sets“): 25 Dokumentationen mitarbeiterseitig zu 143 besucher- und patientenseitig

Diese Zahlen machen gut ersichtlich, dass sich das medizinische Personal offenbar an alltägliche, mit der Arbeit verbundene Geräusche gewöhnt hat, was dennoch nicht bedeutet, dass dadurch stressbezogene Effekte vermieden werden, während Personen, die sich nur temporär in den einem Krankenhaus aufhalten, diese Schallquellen sehr wohl bewusst negativ erfahren.

3.2.3 Tertiäre extra-aurale Lärmwirkung

3.2.3.1 Herz-Kreislauferkrankungen

Da Herz-Kreislauferkrankungen bei der Mortalitätsstatistik vor Tumor-Erkrankungen (24,5% der österreichischen Sterbefälle 2018²⁹⁹) auf Platz

²⁹⁹ Vgl. STATISTIK AUSTRIA: Gestorbene insgesamt seit 1970 nach Todesursachen, absolut. http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/gesundheit/todesursachen/index.html. Datum des Zugriffs: 28. Oktober. 2019

eins (38,9% der österreichischen Sterbefälle 2018³⁰⁰) liegen, macht es Sinn, einen kausalen Zusammenhang zwischen chronischer Lärmbelastung und Herz-Kreislaufkrankungen zu untersuchen. Den Nährboden für diesen Verdacht liefert das unter Kapitel 3.2.1 beschriebene physiologische Reaktionsmuster, nach welchem der Körper mit einer vermehrten Ausschüttung an Stresshormonen auf Lärm reagiert. Somit wird Lärm als möglicher Risikofaktor für diese Erkrankungen gesehen, insbesondere für Bluthochdruck und ischämische³⁰¹ Herzerkrankungen.^{302, 303}

Dennoch ist es äußerst schwierig, diesen Zusammenhang mittels Studien nachzuweisen, bzw. den expliziten Beitrag des Lärms im Falle dieser Erkrankungsbilder zu quantifizieren, weil kardiovaskuläre Pathologien

- häufig in der Bevölkerung zu finden sind,
- sich über Jahre bilden und sich erst nach Jahrzehnten manifestieren und
- Produkte multifaktorieller Genese sind und es neben dem Lärm zahlreiche weitere Umweltfaktoren gibt, die auf den menschlichen Organismus einwirken und gleichartige Reaktionen hervorrufen können.³⁰⁴

Insgesamt kann mit dem heutigen Wissensstand die Hypothese, wonach chronische Lärmexposition einen entscheidenden Risikofaktor für Herz-Kreislaufkrankungen darstellen soll, weder widerlegt, noch bewiesen werden. Dennoch liegt die Vermutung nahe, dass das Risiko einer Hypertonie³⁰⁵ ab einem äquivalenten Dauerschallpegel von 70 dB und jenes ischämischer Herzerkrankungen ab einem Pegel von 65 bis 70 dB ansteigt.^{306, 307}

3.2.3.2 Psychomentele Erkrankungen

Ähnlich der Situation, die sich bei Lärm als Ursache kardiovaskulärer Erkrankungen ergibt, ist auch der Zusammenhang zwischen Lärm als Ursprung psychomentaler Erkrankungen sehr mühevoll und schwer zu quantifizieren. Symptome wie Irritierbarkeit, Nervosität, Kopfschmerzen

³⁰⁰ Vgl. STATISTIK AUSTRIA: Gestorbene insgesamt seit 1970 nach Todesursachen, absolut. http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/gesundheit/todesursachen/index.html. Datum des Zugriffs: 28. Oktober 2019

³⁰¹ Ischämie = mangelhafte oder fehlende Durchblutung eines Gewebes (Quelle: <https://flexikon.doccheck.com/de/Ischämie>. Datum des Zugriffs: 17.01.2020

³⁰² Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 165

³⁰³ Vgl. BABISCH, W.: Traffic noise and cardiovascular disease: Epidemiological review and synthesis. In: *Noise&Health*, 2/2000. S. 9-32

³⁰⁴ Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 165

³⁰⁵ Hypertonie = Bluthochdruck

³⁰⁶ Vgl. KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. S. 169

³⁰⁷ Vgl. WHO REGIONAL OFFICE FOR EUROPE: Night Noise Guidelines for Europe (A EURO Publication). wissenschaftlicher Bericht. S. XIII

und Schlafstörungen sind die häufigsten dem Lärm zugeschriebenen, auch ein möglicherweise erhöhter Konsum an beruhigender und schlaf-fördernder Medikation wurde mit Schall in Verbindung gebracht. Trotzdem kann aus mehreren Untersuchungen geschlossen werden, dass Lärm nicht als unmittelbare Ursache für psychische Erkrankungen gesehen werden kann. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass er einen vieler unterschiedlicher Faktoren darstellt, die zur Entwicklung und Genese solcher Erkrankungen beitragen können. Außerdem ist es durchaus möglich, dass die pathogene Wirkung des Lärms nur dann zum Vorschein kommt, wenn eine in der Persönlichkeit verankerte erhöhte individuelle und/oder situa-tive Vulnerabilität zum Tragen kommt.^{308, 309, 310}

³⁰⁸ Vgl. MORRELL, S.; TAYLOR, R.; LYLE, D.: A review of health effects of aircraft noise. In: Aust N Z J Public Health, 21/1997. S. 221-236

³⁰⁹ Vgl. STANSFELD, S.; HAINES, M.; BROWN, B.: Noise and health in the urban environment. In: Rev Environ Health, 15/2000. S. 43-82

³¹⁰ Vgl. WHO REGIONAL OFFICE FOR EUROPE: Night Noise Guidelines for Europe (A EURO Publication). wissenschaftlicher Bericht. S. XIIff

3.3 Wirkung von Infraschall aus der Umwelt

Infraschall besteht aus Schallwellen mit einer Frequenz von weniger als 20 Hz, seine Wellenlängen variieren von 340 m (1 Hz) bis 17 m (20 Hz).

Natürliche Infraschallquellen sind Wind, Erdbeben oder Wasserfälle, heutzutage sind aber vor allem technische Gegenstände und Anlagen als derartige Schallquellen zu nennen, wie Belüftungs- und Klimaanlage, Flugzeugmotoren, Elektroden uvm.³¹¹

Die Wahrnehmung durch den menschlichen Körper derartiger Schallwellen ist stark vom entsprechenden Schallpegel abhängig. Ab Frequenzen unter 16 Hz ist eine Empfindung mittels Ohren nicht mehr möglich. Grund dafür sind die Länge, die Struktur und der Aufbau des Innenohrs. Dennoch ist die Erfassung dieser Schallwellen für einige Menschen (die Sensibilität ist von Person zu Person verschieden³¹²) weiterhin möglich, wenn auch nicht über eine Wahrnehmung als Ton. Der Schall wird viel mehr als sich wiederholende Druckwelle vernommen. Unter gewissen Umständen ist es auch nicht unüblich, dass sich Infraschall als Vibrationen bemerkbar macht, welche durch ein Resonanzverhalten des eigenen Körpers im Bauch- und Brustbereich entstehen. Je nach Stärke der Wahrnehmung ist dafür bei Frequenzen im Bereich von 2 und 20 Hz allerdings ein Schalldruck zwischen 120 und 140 dB notwendig.³¹³

Die Wirkung von Infraschall auf den Körper wurde bis heute noch nicht zur Gänze verstanden. Britische Wissenschaftler führten im Jahr 2009 einen Versuch durch, bei welchem die Auswirkungen von tieffrequentem Schall auf den menschlichen Körper erforscht werden sollten. Dabei wurden 79 freiwillige Studienteilnehmer mit Infraschall unterschiedlicher Schallfrequenz beschallt und Folgendes wurde festgestellt: 79,7% der Teilnehmer fühlten sich seltsam oder verspürten ein Schwindelgefühl, 11,4% gaben an, sich traurig gefühlt zu haben und 8,9% der Probanden verspürten ein Gefühl des Terrors.³¹⁴ Obwohl Forschungsergebnisse in diesem Bereich zu durchaus unterschiedlichen Resultaten gekommen sind, ist es nicht völlig unerklärlich, weshalb Infraschall eine Wirkung auf die menschliche Psyche bzw. auf den Körper haben könnte:

Jedes Organ im Menschen ist über elastisches Bindegewebe an den Stützapparat, das Skelett, befestigt. Bei tiefen Frequenzen kommt es zur Situation, dass diese Systeme als Oszillatoren fungieren. Folglich hat jedes Organ des Menschen seine eigenen akustischen Eigenschaften und

³¹¹ Vgl. LANDSTRÖM, U.: Human effects of infrasound. <http://www.conforg.fr/internoise2000/cdrom/data/articles/000956.pdf>. Datum des Zugriffs: 10.Dezember.2019

³¹² Vgl. OKAI, O. et al.: Physiological parameters in human response to infrasound, Proceedings of the Conference on Low Frequency Noise and Hearing. Konferenzbericht. S. 121-129

³¹³ Vgl. LANDSTRÖM, U.; LUNDSTRÖM, R.; BYSTRÖM, M.: Exposure to Infrasound — Perception and Changes in Wakefulness. In: Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control, 2/1983. S. 1-11

³¹⁴ Vgl. FRENCH, C. C. et al.: The "Haunt" project: an attempt to build a "haunted" room by manipulating complex electromagnetic fields and infrasound. In: Cortex, 45/2009. S. 619-629

eine eigene Resonanzfrequenz, welche allesamt im Bereich der Infraschallfrequenzen liegen.³¹⁵ Zusätzlich weiß man inzwischen, dass beispielsweise durch Resonanzanregung des Augapfels (liegt bei ungefähr 18 Hz³¹⁶) ein direkter Effekt auf das Angst- und Stressempfinden von Personen möglich ist, wodurch man sich den emotionalen Einfluss von Infraschall erklären kann. Es wird also angenommen, dass die Wirkung von niederfrequentem Schall in direktem Zusammenhang mit dem Resonanzverhalten einzelner Organe stehen könnte. Einerseits entsteht dadurch mechanischer Stress auf das Gewebe selbst, andererseits könnten auch emotionale Effekte bewirkt werden.³¹⁷

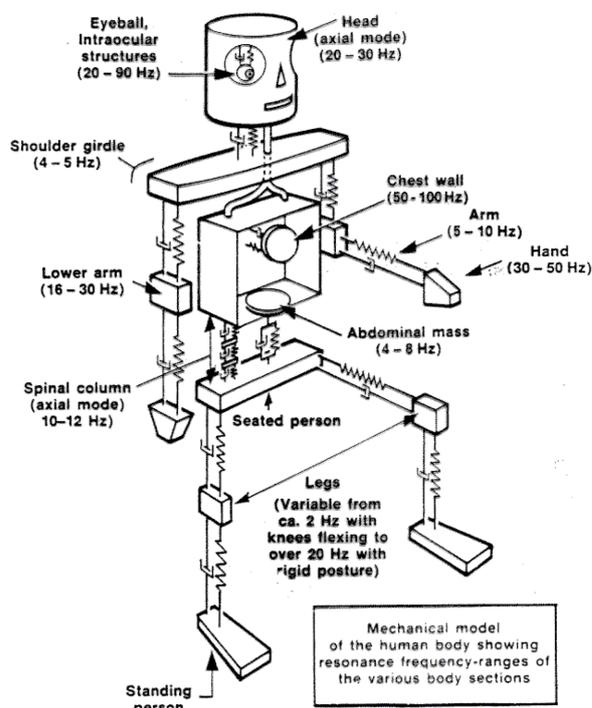


Abbildung 36 - Darstellung der körpereigenen Resonanzfrequenzen anhand eines mechanischen Modells³¹⁸

Zudem gibt es einen weiteren Ansatz: Es wurde beobachtet, dass die meisten mit Infraschall in Verbindung stehenden Effekte bei Schallfrequenzen um ca. 7 Hz entstehen. Deshalb wird angenommen, dass diese mit dem Alpha-Rhythmus des Gehirns, welcher ungefähr zwischen 8 und

³¹⁵ Vgl. MAHENDRA PRASHANTH, K. V.; VENUGOPALACHAR, S.: The possible influence of noise frequency components on the health of exposed industrial workers—a review. In: *Noise and Health*, 13/2011. S. 16-25

³¹⁶ Vgl. OHLBAUM, M. K.: Mechanical Resonant Frequency of the Human Eye 'In Vivo'. S. 1ff

³¹⁷ Vgl. BRAITHWAITE, J. J.; TOWNSEND, M.: Good vibrations: the case for a specific effect of infrasound in instances of anomalous experience has yet to be empirically demonstrated. In: *Journal of the Society for Psychical Research*, 70/2006. S. 211-224

³¹⁸ PLOUZEAU, J. et al.: Vibrations in dynamic driving simulator: Study and implementation. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00844571/document/>. Datum des Zugriffs: 14.März.2020

12 Hz liegt³¹⁹, korrespondiert und es so zu einem direkten Einfluss auf die emotionale Situation des Betroffenen kommen könnte.³²⁰

Die möglichen Wirkungen von Infraschall sind vielfältig. In alten Berichten wird von schnellerer Ermüdung, Abnahme der Geschicklichkeit, dem Gefühl der Belästigung, Konzentrationsstörungen, erhöhte Fehleranfälligkeit, Leistungsminderung und verringerter Herzfrequenz gesprochen, jedoch beruhen viele dieser Erkenntnisse auf Erhebungen, welche während des ersten Weltkriegs gemacht wurden und stark anzuzweifeln sind.³²¹ Was allerdings auch in neueren Studien erwähnt wird, ist, dass Infraschall, sofern er wahrgenommen werden kann, als störend empfunden wird und sich als Druckgefühl am Ohr oder Vibration von Körperarealen äußern kann.³²²

Grundsätzlich muss an dieser Stelle aber angemerkt werden, dass die Wirkung von Infraschall auf den Körper ein durchaus unerforschtes Gebiet darstellt. Fakt ist allerdings auch, dass Menschen durch Flug- und Straßenverkehr, gebäudetechnische Anlagen, technische Geräte etc. ständig von potentiellen Infraschallquellen umgeben sind. Auch in Krankenhäusern gibt es eine Vielzahl solcher Schallquellen (z.B.: MRT-Geräte), welchen Patienten und Personal ausgesetzt sind. Um die tatsächlichen Risiken abschätzen und entsprechende Maßnahmen setzen zu können, bedarf es weiterer Studien und wissenschaftlicher Erhebungen.

³¹⁹ Vgl. HANSEN, H.-C.; ZSCHOCKE, S.: Klinische Elektroenzephalographie. S. 84

³²⁰ Vgl. DAVIES, A.; HONOURS, B. F.: Acoustic Trauma : Bioeffects of Sound. http://schizophrenia.com/wp-content/uploads/2015/01/Alex_Davies_Acoustic_Trauma.pdf. Datum des Zugriffs: 11.Dezember.2019

³²¹ Vgl. LANDSTRÖM, U.: Human effects of infrasound. <http://www.conforg.fr/internoise2000/cdrom/data/articles/000956.pdf>. Datum des Zugriffs: 10.Dezember.2019

³²² Vgl. KYRIAKIDES, K.; LEVENTHALL, G.: Some effects of infrasound on task performance. In: Journal of Sound and Vibration, 50/1977. S. 369-388

3.4 Wirkung von Ultraschall aus der Umwelt

Schall wird dann als Ultraschall bezeichnet, wenn die Schallfrequenz über 20.000 Hz liegt, vom menschlichen Ohr folglich nicht mehr wahrgenommen werden kann. Ultraschall stellt heutzutage einen alltäglichen Umwelteinfluss dar. Grund dafür sind die vielen unterschiedlichen Quellen. Kam es noch vor wenigen Jahrzehnten ausschließlich bei besonderen Verfahren, wie Bohrungen oder Reinigungen zur Ultraschallexposition, gibt es inzwischen eine Unzahl an Geräten, welche über hochfrequenten Schall kommunizieren oder diesen emittieren, wie beispielsweise Computer und drahtlose Verbindungsgeräte, aber vor allem Lautsprecher oder Türöffner können hohe Schallintensitäten erzeugen. Wissenschaftler sprechen inzwischen von Ultraschall-Smog in der Umwelt, die Signale würden, sofern sie hörbar wären, sich nach einem schrillen, durchdringenden Pfeifen anhören.³²³

Es wurden bis dato keine Berichte darüber verfasst, dass Ultraschall zu einer irreversiblen Hörschädigung geführt hätte, wenngleich es 1967 zur Dokumentation von temporären Verschiebungen der Hörschwelle gekommen ist, nachdem Personen ungefähr fünf Minuten lang experimentell einem Schall von 18 kHz mit einem Schallpegel von 150 dB ausgesetzt wurden³²⁴ und Parrack zuvor im Jahr 1966 theoretisch berechnet hat, dass eine Ultraschallbestrahlung mit einem Schallpegel von mehr als 180 dB für den Menschen tödlich wäre.³²⁵

Außerdem existieren noch andere Studien, nach welchen Schall ab einer Frequenz von 17kHz und einem Pegel ab 70 dB andere gesundheitliche Folgen mit sich bringen soll, wie Tinnitus, Müdigkeit, Kopfweg, Schwindel oder Übelkeit, manchmal ist auch von einem Druckgefühl in den Ohren die Rede. Es wird aber angemerkt, dass diese Symptome nur dann aufgetreten sind, wenn die betroffene Person diese Töne auch wahrnehmen konnte, das entsprechende Hörorgan also auch für Frequenzen in diesem Spektrum sensibel war.³²⁶

Deshalb galt für Ultraschall bislang die Devise: „Was der Mensch nicht hört, das schadet ihm auch nicht“. Auf der anderen Seite weiß man heute sehr wohl, dass gerade Ultraschall mit hoher Intensität eine sehr konkrete Wirkung haben kann. In Laboruntersuchungen wurden Ratten durch Ultraschallbeschallung temporär unfruchtbar³²⁷ und in der Humanmedizin

³²³ Vgl. LEIGHTON, T. G.: Are some people suffering as a result of increasing mass exposure of the public to ultrasound in air?. <https://doi.org/10.1098/rspa.2015.0624>. Datum des Zugriffs: 09.Dezember.2019

³²⁴ Vgl. ACTON, W. I.; CARSON, M. B.: Auditory and Subjective Effects of Airborne Noise from Industrial Ultrasonic Sources. In: *British Journal of Industrial Medicine*, 24/1967. S. 297-304

³²⁵ Vgl. PARRACK, H. O.: Effect of Air-Borne Ultrasound on Humans. In: *International Journal of Audiology*, 5/1966. S. 294-308

³²⁶ Vgl. ISTVÁN, L. V.; BERANEK, L. L.: *Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications*. S. 857-886

³²⁷ Vgl. TSURUTA, J. K. et al.: Therapeutic ultrasound as a potential male contraceptive: power, frequency and temperature required to deplete rat testes of meiotic cells and epididymides of sperm determined using a commercially available system. <https://doi.org/10.1186/1477-7827-10-7>. Datum des Zugriffs: 09.Dezember.2019

wird mittels Ultraschallbestrahlung bewirkt, dass Radiotherapie dadurch wirksamer wird.³²⁸

Im Grunde ist die Wirkung von Ultraschall aus der Umgebung ein weitaus unerforschtes Gebiet. Bestehende „neuere“ Guidelines basieren auf wissenschaftlichen Ergebnissen, die vor über 40 Jahren erforscht wurden und welche bereits damals als nicht ausreichend gesehen wurden, um auf deren Grundlage Guidelines erstellen zu können. Fakt ist, dass moderne Technologien immer häufiger Schallquellen darstellen, die Ultraschall emittieren und sich die Belastung der Menschen dadurch in den letzten Jahrzehnten stets gesteigert hat. Auch in Krankenhäusern darf dieser Faktor hinsichtlich der Patientengenesung und der Behaglichkeit nicht gänzlich außer Acht gelassen werden, jedoch wäre es unseriös, konkrete Aussagen basierend auf der aktuellen Datenlage zu treffen. In diesem Bereich bedarf es weiterer Studien und Messungen, um den Einfluss von Ultraschall auf die menschliche Gesundheit einschätzen zu können.³²⁹

³²⁸ Vgl. ILLING, R.; CHAPMAN, A.: The clinical applications of high intensity focused ultrasound in the prostate. In: International Journal of Hyperthermia, 23/2007. S. 183-191

³²⁹ Vgl. LEIGHTON, T. G.: Are some people suffering as a result of increasing mass exposure of the public to ultrasound in air?. <https://doi.org/10.1098/rspa.2015.0624>. Datum des Zugriffs: 09.Dezember.2019

4 Schallschutz im Krankenhausbau

4.1 Allgemeine Schallanforderungen an ein Krankenhaus

Im Idealfall, wie vom Healing Environment Ansatz gefordert (siehe Abschnitt 2.2.5), verkörpern Krankenhäuser eine ruhige und entspannte Umwelt, um bei Patienten Erholung, Genesung und Behaglichkeit zu fördern. Sowohl psychischer als auch physischer Stress müssen auf ein Minimum reduziert werden und Patienten sollten eine Komfortzone erfahren. Dafür ist es notwendig, dass der in Krankenhäusern vorzufindende Schallpegel möglichst gering ist, temporäre Spitzenschallpegel vermieden und überflüssige oder vermeidbare Schallquellen reduziert werden. Grundsätzlich muss ein Bewusstsein bezüglich der Folgen von Schall und seiner Wirkung auf Patienten und Personal geschaffen werden, um auch vorausschauend lärmintensiven Situationen entgegenwirken zu können.

Im Zuge der Erarbeitung der „Environmental Noise Guidelines for the European Region“ hat die WHO vier Leitprinzipien entwickelt, mit welchen in Zukunft grundsätzlich Umweltlärm reduziert werden sollte. Da die resultierenden Leitprinzipien auch auf Krankenhäuser umgelegt, implementiert und als Anforderungen gesehen werden können, werden diese folgend kurz erläutert:³³⁰

1. Verringerung von Lärmexpositionen unter gleichzeitiger Förderung von Ruhezeiten
2. Unterstützung von Maßnahmen, die auf eine Verringerung der Lärmexpositionen abzielen und die Gesundheit fördern
3. Koordination von Bestrebungen und Bemühungen, deren Ziel es ist, Lärmquellen und Gesundheitsrisiken besser unter Kontrolle zu bringen und diese zu verringern
4. Alle Betroffenen, die von einer verbesserten Schallsituation profitieren, informieren und in Maßnahmen involvieren

Krankenanstalten stellen die Umgebungsbedingungen für hochkomplexe Prozessabfolgen, bei welchen es zur Interaktion unterschiedlichster Subsysteme kommt, bereit, um die Wertschöpfungsketten (die Patientenversorgung und -heilung) möglichst effektiv und effizient zu bespielen. Gleichzeitig werden die Hilfesuchenden mit qualitativ hochwertigen, aber auch das Personal fordernden Dienstleistungen unterstützt. In Anbetracht der teils erforschten, aber auch vermuteten Schallwirkungen auf Patienten und Personal (siehe Kap. 3), müssen gegenüber dem Schallschutz und der Lärmquellenminimierung und -vermeidung sehr hohe Anforderungen gestellt werden, um einem angemessenen Umfeld gerecht zu werden.

³³⁰ Vgl. WHO REGIONAL OFFICE FOR EUROPE: NOISE GUIDELINES for the European Region. S. 105f

4.2 Gesetzliche und normative Rahmenbedingungen

4.2.1 OIB - Österreichisches Institut für Bautechnik

Aufgrund der höheren Praxisrelevanz des OIB wird dessen Richtlinie zuerst angeführt, gefolgt von der ÖNORM, welche von den Austria Standards International ausgearbeitet wurde. Die OIB Richtlinien sind in Österreich die Basis für die harmonisierten bautechnischen Bestimmungen. Es muss aber erwähnt werden, dass diese sehr stark von der ÖNORM beeinflusst wird.

Das OIB hat eine Richtlinie für Gebäude und Gebäudeteile ausgearbeitet, welche dem längeren Aufenthalt von Menschen dienen und während derer widmungsgerechten Nutzung einen Ruheanspruch berücksichtigen soll. Dazu zählen u.a. Wohngebäude, Wohnheime und Bürogebäude, aber auch Krankenhäuser, Kindergärten etc.³³¹

Gemäß dem OIB muss zunächst der maßgebliche standortbezogene und gegebenenfalls bauteillagebezogene Außenlärmpegel nach dem Stand der Technik unter Anwendung von Anpassungswerten (Beurteilungspegel) ermittelt werden. Dies hat getrennt für jeweils für Tag (zwischen 06:00 und 22:00 Uhr) und Nacht (zwischen 22:00 und 06:00 Uhr) zu erfolgen, um anschließend den ungünstigeren Wert für die Ermittlung bzw. als Eingangsparameter heranzuziehen.³³²

Nach der Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels muss die mindesterforderliche Schalldämmung der Außenbauteile entsprechend Tabelle 9 bestimmt werden, wobei unabhängig des Außenlärmpegels und der Gebäudenutzung die Werte für das bewertete resultierende Bauschalldämm-Maß $R'_{res,w}$ ³³³ der gesamten Außenbauteile 33 dB und das bewertete Schalldämm-Maß R_w von opaken Bauteilen 43 dB nicht unterschreiten dürfen.³³⁴

³³¹ Vgl. ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5, Richtlinie, S. 2

³³² Vgl. ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5, Richtlinie, S. 2

³³³ bewertetes resultierendes Bauschalldämm-Maß = das aus den einzelnen Bauschalldämm-Maßen der Teilflächen berechnete Bauschalldämm-Maß (Quelle: <https://www.baunetzwissen.de/bauphysik/fachwissen/schallschutz/nachweis-der-luftschalldaemmung-von-aussenbauteilen-6494629>, Datum des Zugriffs: 13.11.2019)

³³⁴ Vgl. ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5, Richtlinie, S. 2

Tabelle 9 - Mindestforderliche Schalldämmung von Außenbauteilen u.a. für Krankenhäuser gemäß OIB-Richtlinie 5³³⁵

Mindestforderliche Schalldämmung von Außenbauteilen für Wohngebäude, -heime, Hotels, Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Kurgebäude u. dgl.								
Maßgeblicher Außenlärmpegel [dB]		Außenbauteile gesamt [dB]	Außenbauteile opak [dB]	Fenster und Außentüren [dB]		Decken und Wände gegen nicht ausgebaute Dachräume [dB]	Decken und Wände gegen Durchfahrten und Garagen [dB]	Gebäudetrennwände (je Wand) [dB]
Tag	Nacht	R' _{res,w}	R _w	R _w	R _w +C _{tr}	R' _w	R' _w	R _w
≤ 45	≤ 35	33	43	28	23	42	60	52
46 - 50	36 - 40	33	43	28	23	42	60	52
51 - 60	41 - 50	38	43	33	28	42	60	52
61	51	38,5	43,5	33,5	28,5	47	60	52
62	52	39	44	34	29	47	60	52
63	53	39,5	44,5	34,5	29,5	47	60	52
64	54	40	45	35	30	47	60	52
65	55	40,5	45,5	35,5	30,5	47	60	52
66	56	41	46	36	31	47	60	52
67	57	41,5	46,5	36,5	31,5	47	60	52
68	58	42	47	37	32	47	60	52
69	59	42,5	47,5	37,5	32,5	47	60	52
70	60	43	48	38	33	47	60	52
71	61	44	49	39	34	47	60	52
72	62	45	50	40	35	47	60	52
73	63	46	51	41	36	47	60	52
74	64	47	52	42	37	47	60	52
75	65	48	53	43	38	47	60	52
76	66	49	54	44	39	47	60	52
77	67	50	55	45	40	47	60	52
78	68	51	56	46	41	47	60	52
79	69	52	57	47	42	47	60	52
≥ 80	≥ 70	53	58	48	43	47	60	52

Zusätzlich stellt das OIB eine weitere Anforderung an Außenbauteile: Die Schalldämmung von Lüftungsdurchführungen (z.B.: Fensterlüfter, Zu- und Abluftöffnungen o.Ä.) muss so groß sein, dass $R'_{res,w}$ in geschlossenem Zustand erfüllt bleibt und dieses in geöffnetem Zustand nicht mehr als 5 dB unterschritten wird.³³⁶

Den Luftschallschutz innerhalb eines Gebäudes betreffend muss in Abhängigkeit des Raumtyps eine bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ gemäß Tabelle 10 eingehalten werden. Dabei wird unterschieden, ob die Räumlichkeiten durch eine Türe, ein Fenster oder dergleichen miteinander verbunden sind.³³⁷

³³⁵ ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5. Richtlinie. S. 2

³³⁶ Vgl. ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5. Richtlinie. S. 3

³³⁷ Vgl. ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5. Richtlinie. S. 3

Tabelle 10 - Anforderungen an den Luftschallschutz innerhalb von Gebäuden gemäß OIB-Richtlinie 5³³⁸

Mindest erforderliche bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ in Gebäuden		
zu	aus	$D_{nT,w}$ [dB] ohne / mit Verbindung durch Türen, Fenster oder sonstige Öffnungen
1	Aufenthaltsräumen	Aufenthaltsräumen anderer Nutzungseinheiten
		allgemein zugänglichen Bereichen (z.B. Treppenhäuser, Gänge, Kellerräume, Gemeinschaftsräume)
		Nebenräumen anderer Nutzungseinheiten
2	Hotel-, Klassen-, Krankenzimmern, Gruppenräumen in Kindergärten sowie Wohnräumen in Heimen	Räumen gleicher Kategorie
		allgemein zugänglichen Bereichen (z.B. Treppenhäuser, Gänge, Kellerräume, Gemeinschaftsräume)
		Nebenräumen
3	Nebenräumen	Aufenthaltsräumen anderer Nutzungseinheiten
		allgemein zugänglichen Bereichen (z.B. Treppenhäuser, Gänge, Kellerräume, Gemeinschaftsräume)
		Nebenräumen anderer Nutzungseinheiten
Als andere Nutzungseinheit sind bei Schulen die einzelnen Klassenzimmer, bei Kindergärten einzelne Gruppenräume, bei Krankenhäusern einzelne Krankenzimmer, bei Hotels einzelne Hotelzimmer, bei Heimen einzelne Heimzimmer, bei Verwaltungs- und Bürogebäuden aber die fremdgenutzte Betriebseinheit zu sehen.		
Bei Gebäuden mit gemischter Nutzung sind die Anforderungen entsprechend der speziellen Raumnutzungen anzuwenden.		

Bezüglich des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w von Türen empfiehlt das OIB, sofern zur Erfüllung der Anforderungen an die jeweils erforderliche bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ gemäß Tabelle 10 kein höheres bewertetes Schalldämm-Maß R_w von Nöten ist, dass dieses die jeweiligen Werte von Tabelle 11 nicht unterschreiten sollte. Folglich wird zwischen Krankenzimmern und allgemein zugänglichen Bereichen, wie Gängen oder Treppenhäusern, ein Mindestschalldämm-Maßes R_w von 33 dB vom OIB empfohlen.³³⁹

Tabelle 11 - Anforderungen an den Luftschallschutz von Türen innerhalb von Gebäuden gemäß OIB-Richtlinie 5³⁴⁰

Mindest erforderliches bewertetes Schalldämm-Maß R_w von Türen (Türblatt und Zarge)		
zwischen	und	R_w [dB]
1	allgemein zugänglichen Bereichen (z.B. Treppenhäuser, Gänge)	Aufenthaltsräumen von Wohnungen ohne akustisch abgeschlossene Vorräume oder Dielen
		Aufenthaltsräumen von Wohnungen mit akustisch abgeschlossenen Vorräumen oder Dielen
2	Aufenthaltsräumen	Aufenthaltsräumen anderer Nutzungseinheiten
		Nebenräumen anderer Nutzungseinheiten
3	Hotel- und Krankenzimmern, Wohnräumen in Heimen	Räumen derselben Kategorie
		allgemein zugänglichen Bereichen (z.B. Treppenhäuser, Gänge)
4	Klassenzimmern, Gruppenräumen in Kindergärten	Räumen derselben Kategorie
		allgemein zugänglichen Bereichen (z.B. Treppenhäuser, Gänge)
Als andere Nutzungseinheit sind bei Schulen die einzelnen Klassenzimmer, bei Kindergärten einzelne Gruppenräume, bei Krankenhäusern einzelne Krankenzimmer, bei Hotels einzelne Hotelzimmer, bei Heimen einzelne Heimzimmer, bei Verwaltungs- und Bürogebäuden aber die fremdgenutzte Betriebseinheit zu sehen.		
Bei Gebäuden mit gemischter Nutzung sind die Anforderungen entsprechend der speziellen Raumnutzungen anzuwenden.		

³³⁸ ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5. Richtlinie. S. 3

³³⁹ Vgl. ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5. Richtlinie. S. 4

³⁴⁰ ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5. Richtlinie. S. 4

Um einen angemessenen Mindesttrittschallschutz zu gewährleisten, sieht das OIB vor, dass der höchstzulässige bewertete Standard-Trittchallpegel $L'_{nT,w}$ die entsprechenden Werte von Tabelle 12 nicht überschreiten darf.³⁴¹

Tabelle 12 - Anforderungen an den Trittchallschutz in Gebäuden gemäß OIB-Richtlinie 5³⁴²

Höchst zulässiger bewerteter Standard-Trittchallpegel $L'_{nT,w}$			
in	aus	$L'_{nT,w}$ [dB]	
1	Aufenthaltsräumen	Räumen anderer Nutzungseinheiten (Wohnungen, Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Hotels, Heime, Verwaltungs- und Bürogebäude und vergleichbare Nutzungen)	48
		allgemein zugänglichen Terrassen, Dachgärten, Balkonen, Loggien und Dachböden	48
		allgemein zugänglichen Bereichen (z.B. Treppenhäuser, Laubengänge)	50
		nutzbaren Terrassen, Dachgärten, Balkonen, Loggien und Dachböden	53
2	Nebenräumen	Räumen anderer Nutzungseinheiten (Wohnungen, Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Hotels, Heime, Verwaltungs- und Bürogebäude und vergleichbare Nutzungen)	53
		allgemein zugänglichen Terrassen, Dachgärten, Balkonen, Loggien und Dachböden	53
		allgemein zugänglichen Bereichen (z.B. Treppenhäuser, Laubengänge)	55
		nutzbaren Terrassen, Dachgärten, Balkonen, Loggien und Dachböden	58
Als andere Nutzungseinheit sind bei Schulen die einzelnen Klassenzimmer, bei Kindergärten einzelne Gruppenräume, bei Krankenhäusern einzelne Krankenzimmer, bei Hotels einzelne Hotelzimmer, bei Heimen einzelne Heimzimmer, bei Verwaltungs- und Bürogebäuden aber die fremdgenutzte Betriebseinheit zu sehen.			
Bei Gebäuden mit gemischter Nutzung sind die Anforderungen entsprechend der speziellen Raumnutzungen anzuwenden.			

Bezüglich der Schalldämmung von haustechnischen Anlagen sieht das OIB keine expliziten Anforderungen für Krankenanstalten vor, aber dennoch gilt, dass gleichbleibende oder interemittierende Geräusche einen A-bewerteten Schallpegel von 25 dB nicht überschreiten dürfen, während kurzzeitige, schwankende Geräusche nicht lauter als 30 dB sein sollten.³⁴³

Um eine gute Hörsamkeit in Gebäuden zu gewährleisten, sieht das OIB vor, dass die Nachhallzeit T in Sekunden für Räume mit Volumen V zwischen 30 m³ und 10.000 m³, der Nutzungskategorie „Sprache“ und für die Oktavbänder von 250 Hz bis 2.000 Hz mit folgender Formel errechnet wird:

$$T = (0,37 \times \lg(V)) - 0,14$$

Formel 12 - Nachhallzeit T in der Nutzungskategorie "Sprache" gemäß OIB³⁴⁴

³⁴¹ Vgl. ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5, Richtlinie. S. 4

³⁴² ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5, Richtlinie. S. 4

³⁴³ Vgl. ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5, Richtlinie. S. 5

³⁴⁴ ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5, Richtlinie. S. 6

Für Räume mit Volumen V zwischen 30 m^3 und 1.000 m^3 und der Nutzungskategorie „Kommunikation“ wird die Nachhallzeit T für die Oktavbänder von 250 Hz bis 2.000 Hz mit folgender Formel errechnet:

$$T = (0,32 \times \lg(V)) - 0,17$$

Formel 13 - Nachhallzeit T in der Nutzungskategorie "Kommunikation" gemäß OIB³⁴⁵

Das OIB gibt zusätzlich an, dass Abweichungen im Bereich von $\pm 20\%$ gegenüber den Anforderungen in den einzelnen Oktavbändern zulässig sind.³⁴⁶

Die Mindestanforderungen an die Lärminderung in Räumen wird vom OIB mittels des mittleren Schallabsorptionsgrades der Begrenzungsflächen $\alpha_{m,B}$ im leeren Raum angegeben. Dieser hat in den Oktavbändern von 250 Hz bis 4000 Hz mindestens $\alpha_{m,B} = 0,2$ und für die Oktavbandmittelfrequenzen von 500, 1.000 und 2.000 Hz mindestens $\alpha_{m,B} = 0,25$ zu betragen. Abweichungen von diesen Anforderungen sind nur dann zulässig, wenn diese durch nachvollziehbare betriebstechnische oder andere technische Gründe (z.B.: Hygiene) argumentiert werden können.³⁴⁷

4.2.2 ÖNORM

Die in Österreich geltende und von den Austria Standards International veröffentlichte ÖNORM bietet vor allem in der ÖNORM S 5021:2017 08 01 mit dem Namen „Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung und -ordnung“ und in der ÖNORM B 8115 – 2:2006 12 01 mit dem Namen „Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz“ einen guten Überblick über alle einzuhaltenden schallschutztechnischen Maßnahmen und Vorkehrungen im Krankenhausbau.

Analog zur richtliniengerechten Ausführung gemäß des OIB, bezieht sich die Norm zunächst auf Planungsrichtwerte für gebietsbezogene Schallschutzimmissionen und verweist darauf (siehe Tabelle 13), dass Krankenhäuser, welche in der Bauland-Kategorie „3“ bzw. vor allem „4“ einzugliedern sind, in Baufeldern errichtet werden sollten, bei welchen der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel L_{eq} tagsüber (zwischen 06:00 und 19:00 Uhr) 55 dB bzw. 60 dB, während der Abendstunden (zwischen 19:00 und 22:00 Uhr) 50 dB bzw. 55 dB und während der Nacht (zwischen 22:00 und 06:00 Uhr) 45 dB bzw. 50 dB nicht überschreiten sollte.³⁴⁸

³⁴⁵ ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5, Richtlinie, S. 6

³⁴⁶ Vgl. ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5, Richtlinie, S. 6

³⁴⁷ Vgl. ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5, Richtlinie, S. 6

³⁴⁸ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM S 5021: 2017 08 01: Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung und -ordnung, S. 9

Tabelle 13 - Planungsrichtwerte für gebietsbezogene Schallimmissionen gemäß ÖNORM S 5021:2017 08 01³⁴⁹

Kategorie	Gebiet	Standplatz	Beurteilungspegel			$L_{r,den}$
			dB			dB
			Tag	Abend	Nacht	
1	Bauland	Ruhegebiet, Kurgebiet	45	40	35	45
2		Wohngebiet in Vororten, Wochenendhausgebiet, ländliches Wohngebiet	50	45	40	50
3		Städtisches Wohngebiet, Gebiet für Bauten land- und forstwirtschaftlicher Betriebe mit Wohnungen	55	50	45	55
4		Kerngebiet (Büros, Geschäfte, Handel, Verwaltungsgebäude ohne wesentlicher störender Schallemission, Wohnungen, Krankenhäuser), Gebiet für Betriebe ohne Schallemission	60	55	50	60
5		Gebiet für Betriebe mit gewerblichen und industriellen Gütererzeugungs- und Dienstleistungsstätten	65	60	55	65
6		Gebiet mit besonders großer Schallemission (zB Industriegebiet)	-a	-a	-a	-a
1	Grünland	Kurbezirk	45	40	35	45
2		Parkanlagen, Naherholungsgebiet	50	45	40	50
3		Land- und forstwirtschaftliche Nutzung	-a	-a	-a	-a

^a Für Industriegebiete sowie für land- und forstwirtschaftlich genutzte Grünflächen besteht kein Ruheanspruch, daher sind auch keine Richtwerte festgelegt.

Des Weiteren wird auf die Schalldämmung der Außenbauteile eingegangen. Dafür muss gemäß der ÖNORM zunächst der maßgebliche Außenlärmpegel ermittelt werden, um daraufhin eine Einteilung in die entsprechende Außenlärmpegel-Stufe (A-I) vorzunehmen (siehe Tabelle 14). Anschließend können aus der Tabelle jene bewerteten Bauschalldämmmaße R'_{w} entnommen werden, die von den betroffenen Bauteilen einzuhalten sind. Wie aus der Fußnote zu entnehmen ist, muss ab einem Außenflächenanteil der Fenster, Türen und vergleichbaren Fassadenbauteilen von 30% zusätzlich darauf geachtet werden, dass die Schalldämmmaße entsprechend der Flächenanteile zu ermitteln sind.³⁵⁰

³⁴⁹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM S 5021: 2017 08 01: Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung und -ordnung. S. 9

³⁵⁰ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 8

Tabelle 14 - Mindestanforderung bezüglich der Schalldämmung von Außenbauteilen gemäß ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01³⁵¹

Mindest erforderliche Schalldämmung von Außenbauteilen									
Bauteile von zu schützenden Räumen (Aufenthaltsräumen)	Mindestschallschutz in dB ($R'_{res,w}$, R'_w , R_w bzw. $R_w + C_{tr}$) für maßgebliche Außenlärmpegel-Stufen								
	Spalte	1	2	3	4	5	6	7	Zeile
	Stufe	A, B, C	D	E	F	G	H	I	1
	Tag	≤ 50	51 bis 55	56 bis 60	61 bis 65	66 bis 70	71 bis 75	76 bis 80	2
	Nacht	≤ 40	41 bis 45	46 bis 50	51 bis 55	56 bis 60	61 bis 65	66 bis 70	3
Entspricht den Richtwerten der Tabelle 1, Zeile(n)		1, 2	3	4	5	–	–		4
Wohngebäude, -heime, Hotels, Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Kurgebäude u. dgl.									5
– Außenbauteile gesamt	$R'_{res,w}$	33	38	38	43	43	48	53	6
Opake Außenbauteile ¹⁾	R_w	43	43	43	48	48	53	58	7
Fenster und Außentüren ^{1) 2)}	R_w	28	33	33	38	38	43	48	8
	$R_w + C_{tr}$	23	28	28	33	33	38	43	
– Gebäudetrennwände ³⁾ je Wand	R'_w	52	52	52	52	52	52	52	9
– Decken und Wände gegen Dachböden	R'_w	42	42	42	47	47	47	47	10
– Decken und Wände gegen Durchfahrten und Garagen	R'_w	60	60	60	60	60	60	60	11
¹⁾ Bei einem Flächenanteil der Fenster und Außentüren von mehr als 30 % der Fläche des raumbezogenen Außenbauteils sind die erforderlichen Schalldämm-Maße für die Erfüllung des resultierenden Mindestschalldämm-Maßes entsprechend ihrem Flächenanteil zu bemessen. ²⁾ Fenster, Fenster- und Außentüren und damit vergleichbare Fassadenbauteile. ³⁾ Wände, die an vorhandene Gebäude angebaut werden oder an welche andere Gebäude angebaut werden können. Die Forderung gilt unabhängig von der Schalldämmung der anderen Gebäudeaußenwand.									

Auch Mindestanforderungen für einen angemessenen Luftschallschutz zwischen zwei Räumen benachbarter Nutzungseinheiten werden mittels der ÖNORM B 8115 – 2: 2006 12 01 in Krankenhäusern gefordert, welche zugleich jenen des OIB entsprechen. Demnach muss je nach Raumtyp eine entsprechende bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ gemäß Tabelle 15 eingehalten werden. Dabei wird bei den Anforderungen nochmals unterschieden und berücksichtigt, ob die beiden Räumlichkeiten durch eine Türe, ein Fenster oder dergleichen miteinander verbunden sind.³⁵²

³⁵¹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 8

³⁵² Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 9

Tabelle 15 - Mindestanforderung bezüglich der Luftschalldämmung im Gebäude gemäß ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01³⁵³

Mindest erforderliche bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ in Gebäuden			
Luftschalldämmung zwischen	$D_{nT,w}$ ohne Verbindung durch eine Türe, ein Fenster u. dgl.	$D_{nT,w}$ mit Verbindung durch eine Türe, ein Fenster u. dgl.	Zeile
	dB	dB	
(a) Aufenthaltsräumen und			
- angrenzenden Gebäuden			
- Räumen angrenzender Nutzungseinheiten in Reihenhäusern	60	-	1
- Räumen anderer Nutzungseinheiten	55	50	2
- Treppenhäusern, Aufzügen, Kellerräumen, Gemeinschaftsräumen	55	50	3
(b) Nebenräumen und			
- angrenzenden Gebäuden			
- Räumen angrenzender Nutzungseinheiten in Reihenhäusern	60	-	4
- Nebenräumen anderer Nutzungseinheiten	50	35	5
- Treppenhäusern, Aufzügen, Kellerräumen, Gemeinschaftsräumen	50	35	6
(c) Hotel-, Klassen-, Krankenzimmern oder Wohnräumen in Heimen und			
- Räumen der selben Kategorie	55	50	7
- Nebenräumen	50	35	8
- Treppenhäusern und Gängen u. dgl.	55	38	9

Die unterschiedlichen Bauteile betreffend wird explizit noch einmal auf die Türen von Treppenhäusern oder Gängen in Krankenzimmern eingegangen. Dahingehend wird durch die ÖNORM ein bewertetes Schalldämmmaß R_w dieser von mindestens 33 dB gefordert (siehe Tabelle 16) und entspricht somit ebenfalls den Vorgaben des OIB.³⁵⁴

³⁵³ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 9

³⁵⁴ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 10

Tabelle 16 - Mindestanforderungen bezüglich des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w von Türen gemäß ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01³⁵⁵

Mindestforderliches bewertetes Schalldämm-Maß R_w von Türen (Türblatt und Zarge)		
Türart	R_w	Zeile
	dB	
Wohnungseingangstüren, die von Treppenhäusern oder Gängen unmittelbar in Aufenthaltsräume (ohne akustisch abgeschlossene Vorräume oder Dielen) führen	42	1
Türen zwischen Aufenthaltsräumen mit Fremdnutzung der selben Kategorie	42	2
Türen von Treppenhäusern oder Gängen zu Wohnungen, Hotel- oder Krankenzimmern oder zu anderen Räumen, an die ähnliche Ruheansprüche gestellt werden	33	3
Türen zwischen Nebenräumen mit Fremdnutzung der selben Kategorie	33	4
Türen von Treppenhäusern oder Gängen zu Klassenzimmern	28	5

Eine weitere wichtige schalltechnische Größe wird von der Norm in Form von Mindestanforderungen geregelt: Der höchstzulässige bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ darf in Krankenzimmern 48 dB nicht überschreiten (siehe Tabelle 17).³⁵⁶

Tabelle 17 - Mindestanforderungen bezüglich der Trittschalldämmung in Gebäuden mit Betriebsstätten gemäß ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01³⁵⁷

Höchstzulässiger bewerteter Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ in Gebäuden mit Betriebsstätten		
	$L'_{nT,w}$	Zeile
	dB	
Trittschalldämmung zu Aufenthaltsräumen in Gebäuden mit Betriebsstätten aus		
- Verkaufs- und Lagerräumen bei Betrieb zwischen 6:00 Uhr und 22:00 Uhr	38	1
- Verkaufs- und Lagerräumen bei Betrieb zwischen 22:00 Uhr und 06:00 Uhr	33	2
- Gaststätten, Veranstaltungsräumen und Ähnliches bei Betrieb zwischen 6:00 Uhr und 22:00 Uhr	38	3
- Gaststätten, Veranstaltungsräumen und Ähnliches bei Betrieb zwischen 22:00 Uhr und 06:00 Uhr	33	4
Trittschalldämmung zwischen Aufenthaltsräumen bei Verkaufsstätten und in Gebäuden ähnlicher Nutzung	60	5
Trittschalldämmung zwischen Hotel-, Klassen-, Krankenzimmern oder Wohnräumen in Heimen	48	6

Ähnlich dem OIB sieht auch die ÖNORM keine außerordentlichen Anforderungen bezüglich der Schalldämmung von haustechnischen Anlagen für Krankenhäuser vor. An dieser Stelle wird der Vollständigkeit halber aber dennoch der höchstzulässige Anlagengeräuschpegel angeführt (siehe Tabelle 18). Gleichbleibende oder intermittierende Geräusche (z.B.: Heizanlagen, Pumpen) dürfen eine Lautstärke von 25 dB nicht überschreiten, während kurzzeitige, schwankende Geräusche (z.B.: WC-Spülungen) nicht lauter als 30 dB sein dürfen.³⁵⁸

³⁵⁵ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGsinstitut: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 10

³⁵⁶ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGsinstitut: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 11

³⁵⁷ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGsinstitut: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 11

³⁵⁸ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGsinstitut: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 12

Tabelle 18 - Mindestanforderungen bezüglich der Schalldämmung von haustechnischen Anlagen gemäß ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01³⁵⁹

Höchstzulässiger Anlagengeräuschpegel $L_{AFmax,nT}$		
Geräuschart	$L_{AFmax,nT}$	Zeile
	in dB	
Gleichbleibende oder intermittierende Geräusche (zB von Heizanlagen, Pumpen) sowie Geräusche von gleichförmigen Antriebs- und Bewegungsphasen (zB von Aufzügen, Garagentoren, Stapelparkern)	25	1
Kurzzeitiges, schwankendes Geräusch (zB WC-Spülung) sowie An- und Abfahrtsgeräusche (zB von Aufzügen, Garagentoren, Stapelparkern)	30	2

Eine gute Hörsamkeit wird hauptsächlich durch eine der jeweiligen Nutzung (in Krankenanstalten betrifft das vor allem die Kategorien „Kommunikation“ und „Sprache“) entsprechenden Ausstattung und durch einen möglichst geringen Grundgeräuschpegel gewährleistet.

Die passenden Nutzungskategorien gemäß Abbildung 37 in Krankenanstalten sind „Kommunikation“ (durchgehende blaue Linie) und „Sprache“ (rote Linie). Bei bekanntem Raumvolumen kann so die maximal zugelassene Nachhallzeit T der Grafik entnommen werden. Zusätzlich wird in der ÖNORM angeführt, dass in Räumen für hörbehinderte Personen die maximalen Werte der Nachhallzeit um ca. 20% verringert werden müssen, da die raumakustische Situation für Sprachkommunikation umso günstiger empfunden wird, je kürzer die Nachhallzeit ist.³⁶⁰

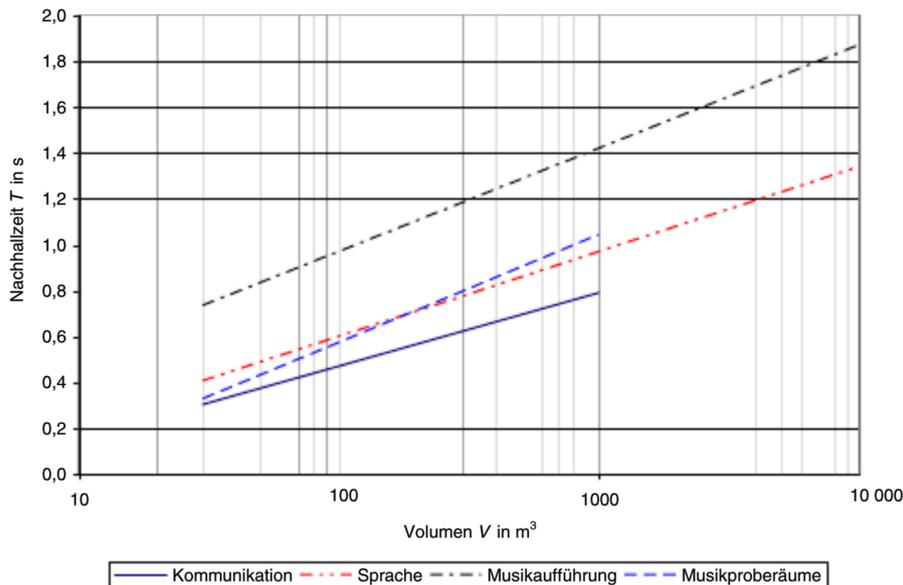


Abbildung 37 - Mindestanforderungen an die Hörsamkeit gemäß ÖNORM B 8115 - 3:2005 11 01³⁶¹

³⁵⁹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 12

³⁶⁰ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 5

³⁶¹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 8115 - 3: 2005 11 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 3: Raumakustik. S. 5

Eine adäquate Lärminderung steht in engem Zusammenhang mit der Sicherung der Gesundheit und der Arbeitssicherheit während Situationen, in denen auch ein ausreichendes Sprachverständnis gefordert wird. Die geforderte Lärminderung wird in der ÖNORM über den mittleren Schallabsorptionsgrad α_m definiert. Eine ausreichende Schallabsorption ist gegeben, wenn der mittlere Schallabsorptionsgrad eines eingerichteten Raumes in den Oktavbändern mit den Mittelfrequenzen 250 Hz bis 4000 Hz den Mindestanforderungen von Tabelle 19 entspricht.³⁶²

Tabelle 19 - Mindestanforderungen an den mittleren Schallabsorptionsgrad α_m von eingerichteten Räumen gemäß ÖNORM B 8115 - 3:2005 11 01³⁶³

Oktavband-Mittelfrequenz	Hz	250	500	1000	2000	4000
α_m	–	0,25	0,30	0,30	0,30	0,30

Für Räumlichkeiten mit geringer Einrichtung, wie beispielsweise Gänge oder Pausenräume, sieht die Norm vor, dass eine ausreichende Schallabsorption erzielt wird, wenn der mittlere Schallabsorptionsgrad α_m in den Oktavbändern mit den Mittelfrequenzen 250 Hz bis 4000 Hz die Werte aus Tabelle 20 nicht unterschreitet.³⁶⁴

Tabelle 20 - Mindestanforderungen an den mittleren Schallabsorptionsgrad α_m in Räumen mit geringer Einrichtung gemäß ÖNORM B 8115 - 3:2005 11 01³⁶⁵

Oktavband-Mittelfrequenz	Hz	250	500	1000	2000	4000
α_m	–	0,20	0,25	0,25	0,25	0,20

4.2.3 WHO - World Health Organization

Keine verpflichtende, aber weltweit anerkannte Vorschläge bezüglich der höchstzulässigen Lautstärke in einem Krankenhaus, liefert die WHO. Diese hat mittels mehrerer eigener Studien Daten erhoben, ausgewertet und ist zu folgendem Schluss gekommen:

In Behandlungs- oder Beobachtungszimmern sollte der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel L_{eq} in einem Zeitraum von 16 Stunden 35 dB nicht überschreiten. Ein besonderes Augenmerk sei dabei vor allem auf Operationssäle und Intensivstationen zu legen. Des Weiteren sollte der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel in Patientenzimmern über einen Zeitraum von 16 Stunden unter Tags auf keinen Fall über

³⁶² Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 7

³⁶³ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 7

³⁶⁴ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 7

³⁶⁵ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. S. 7

30 dB liegen und während der Nacht dürfen einzelne Schallereignisse maximal einen Schallpegel von 40 dB aufweisen. Bezüglich der höchstzulässigen Lautstärke von Schallereignissen während der Nacht wird von der WHO grundsätzlich gefordert, dass diese 40 dB nicht überschreiten dürfen.³⁶⁶

4.2.4 US EPA - U.S. Environmental Protection Agency

Aufgrund der Tatsache, dass die Empfehlungen der US EPA aus dem Jahr 1974 stammen, werden diese hauptsächlich der Vollständigkeit halber angeführt.

Entsprechend der U.S. Environmental Protection Agency sollten A-bewertete Geräuschpegel unter Tags nicht höher als 45 dB und während der Nacht nicht höher als 35 dB sein. Zusätzlich sollte der durchschnittliche 24-Stunden Geräuschpegel L_{dn} ³⁶⁷ in Krankenhausumgebungen nicht über 55 dB liegen, um den Vorstellungen der US EPA zu entsprechen.³⁶⁸

4.2.5 INC – International Noise Council

In den Guidelines des INC wird explizit auf die Schallanforderungen für akute Behandlungsräume eingegangen. Dahingehend fordert das INC, dass in diesen Bereichen untertags der Schallpegel 45 dB nicht überschreiten dürfe und empfiehlt, dass dieser während der Nacht maximal 20 dB zu betragen hat.³⁶⁹

³⁶⁶ Vgl. BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. H.: GUIDELINES FOR COMMUNITY NOISE. Guideline. S. xiv

³⁶⁷ L_{dn} = ist ein durchschnittlicher, ermittelter Geräuschpegel über einen 24-Stunden Zeitraum, wobei alle gemessenen Schallpegel zwischen 22:00 und 07:00 Uhr künstlich um 10 dB erhöht werden, bevor es zur Mittelung über den gesamten Zeitraum kommt (Quelle: <https://www.cupertino.org/home/showdocument?id=13595>. Datum des Zugriffs: 13.11.2019)

³⁶⁸ Vgl. US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY: Information On Levels Of Environmental Noise Requisite To Protect Public Health and Welfare With An Adequate Margin Of Safety. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiwmai0nujAhXGwMQBHYHuAHAQFjAAegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fnepis.epa.gov%2FExe%2FZyPURL.cgi%3FDockey%3D2000L3LN.TXT&usq=AOvVaw1QYYnhpa-nOV7nvHHt2Hop>. Datum des Zugriffs: 13.November.2019

³⁶⁹ Vgl. CABRERA, I. N.; LEE, M. H.: Reducing noise pollution in the hospital setting by establishing a department of sound: a survey of recent research on the effects of noise and music in health care. In: Preventive Medicine, 30/2000. S. 339-345

4.3 Tatsächliche Schallsituation auf Studienbasis

Kennt man die potentiellen Folgen von Lärmeinwirkung, würde man annehmen, dass gerade in Krankenanstalten ein besonderes Augenmerk darauf gelegt wird, diese Einflüsse so gut wie möglich zu vermeiden. Kennt man diverse Normen und die Empfehlungen der WHO, würde man erwarten, dass Schallpegel genauestens erhoben und überwacht werden und im Bedarfsfall sofort schallreduzierende Maßnahmen eingeleitet werden. Wie in mehreren Studien und Messungen aufgezeigt wird, ist dies leider nicht der Fall.

Eine Untersuchung von Bayo, Garcia und Garcia im Jahr 1995, bei welcher die Schallpegel einer Universitätsklinik in Valencia an 232 Messpunkten erhoben wurde, zeigte, dass die Lärmbelastung während des untersuchten Zeitraums 55 dB stets überschritten hat (siehe Abbildung 38).³⁷⁰

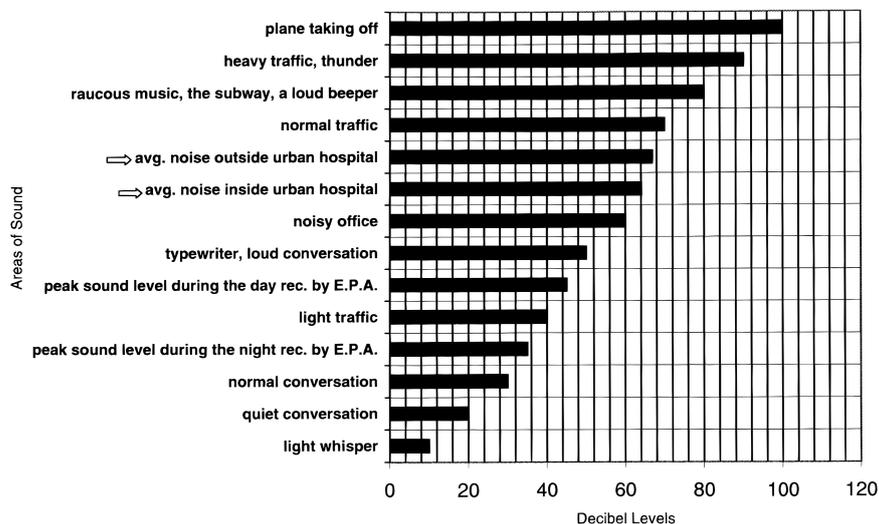


Abbildung 38 - Darstellung des durchschnittlichen Schallpegels einer Universitätsklinik in Valencia im Vergleich zu anderen Schallereignissen³⁷¹

Durch Befragungen der Bediensteten konnte außerdem festgestellt werden, dass sich diese aufgrund des Lärmpegels bei der Arbeit beeinträchtigt fühlen.³⁷²

Doch dieser Zustand ist kein Einzelfall. Obwohl sich Krankenanstalten international sehr unterscheiden, sei es ob ihrer Bauweise, ihrer Ausstattung, ihrer Belegung etc., haben Untersuchungen gezeigt, dass es in Krankenanstalten weltweit von Jahr zu Jahr lauter wird. 1960 lag der energieäquivalente Dauerschallpegel L_{eq} untertags bei 57 dB, jener nachts bei

³⁷⁰ Vgl. BAYO, M.; GARCÍA, A. M.; GARCÍA, A.: Noise levels in an urban hospital and workers' subjective responses. In: Archives of Environmental Health, 50/1995. S. 247-251

³⁷¹ CABRERA, I. N.; LEE, M. H.: Reducing noise pollution in the hospital setting by establishing a department of sound: a survey of recent research on the effects of noise and music in health care. In: Preventive Medicine, 30/2000. S. 339-345

³⁷² Vgl. BAYO, M.; GARCÍA, A. M.; GARCÍA, A.: Noise levels in an urban hospital and workers' subjective responses. In: Archives of Environmental Health, 50/1995. S. 247-251

42 dB. Im Jahr 2005 präsentierte sich der durchschnittliche L_{eq} folgendermaßen: 72 dB untertags und 60 dB nachts. Dieses Phänomen wird bei allen Krankenhäusern beobachtet, unabhängig von der Größe, der Versorgungsrichtung, der Tageszeiten und der Wochentage.³⁷³

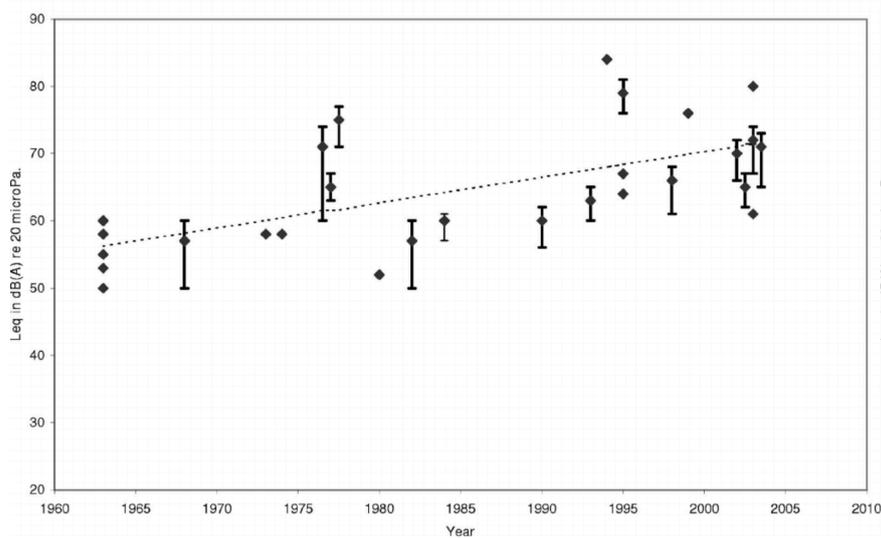


Abbildung 39 - gemessener Schallpegel tagsüber in Krankenhäusern im Zeitraum 1965 – 2005³⁷⁴

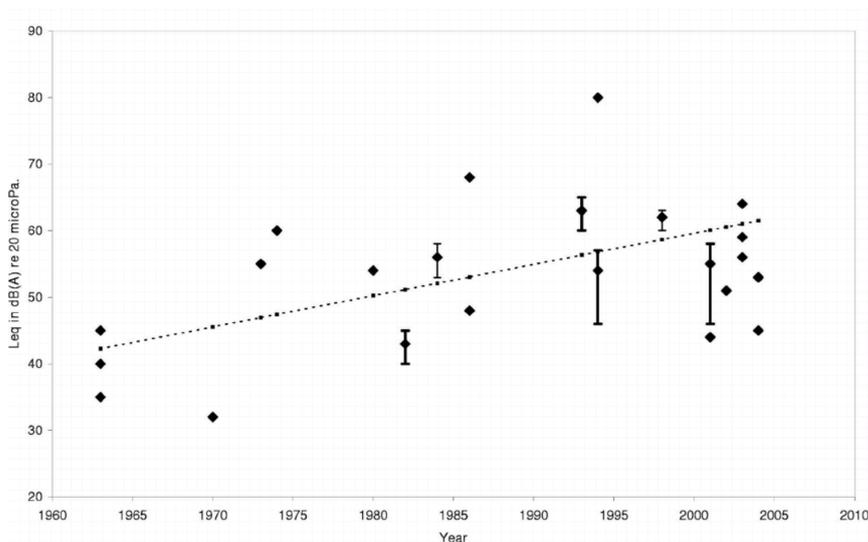


Abbildung 40 - gemessener Schallpegel nachts in Krankenhäusern im Zeitraum 1965 – 2005³⁷⁵

³⁷³ Vgl. STOKOWSKI, L. A.: The Inhospitable Hospital: No Peace, No Quiet. https://www.medscape.org/viewarticle/574813_1. Datum des Zugriffs: 28.November.2019

³⁷⁴ BUSCH-VISHNIAC, I. J. et al.: Noise levels in Johns Hopkins Hospital. In: The Journal of the Acoustical Society of America, 118/2005. S. 3629-3645

³⁷⁵ BUSCH-VISHNIAC, I. J. et al.: Noise levels in Johns Hopkins Hospital. In: The Journal of the Acoustical Society of America, 118/2005. S. 3629-3645

Am meisten davon betroffen sind Intensivstationen, deren durchschnittliche Schallpegel zwischen 55 und 70 dB liegen, Spitzenschallpegel bis zu 120 dB wurden allerdings auch gemessen.³⁷⁶

Diese Zustandserhebung wird unter anderem auch von einer 1993 publizierten Arbeit bestätigt, im Zuge welcher die Lärmbelastung in mehreren Spitalsambulanzen und Krankenhausstationen in den USA gemessen wurden. Die Auswertung der Daten zeigte, dass mit einem durchschnittlichen nächtlichen Lärmpegel von 67 dB die Empfehlungen der WHO und des INC ungefähr um das Zehnfache überschritten wurden. Außerdem konnte festgestellt werden, dass Ereignisse, die mit mehr als 30 dB über dem Grundschallpegel lagen und somit einen erschreckenden Charakter haben, über den gesamten Untersuchungszeitraum regelmäßig aufgezeichnet wurden.³⁷⁷

Einen guten Überblick über durchschnittliche Schallpegel in verschiedenen Patientenzimmern liefert eine Arbeit, welche am Queen's Medical Center in Nottingham 2008 durchgeführt wurde.³⁷⁸ Dabei führte man über einen Zeitraum von vier Tagen in fünf unterschiedlichen chirurgischen Abteilungen Schallmessungen in den Patientenzimmern durch. Bei den Stationen A, B und C handelt es sich um sechs Zimmer mit je vier Krankbetten. Station D beschreibt eine Abteilung mit 20 Zimmern, welche entlang eines Korridors auf beiden Seiten liegen, bei Station E handelt es sich um eine Intensivstation mit zwei Zimmern zu je vier Betten. Der Schallpegel wurde täglich sechsmal zu unterschiedlichen Messzeiträumen erhoben. Die L_{eq} - und L_{max} -Werte aus Tabelle 21 wurden über vier Messtage zu den jeweiligen Messintervallen gemittelt.

Es ist gut ersichtlich, dass sich am Vormittag im Großteil der Stationen Schallpegel über 80 dB ergeben. Erst am Abend und nachts wird es ruhiger und die Spitzenschallpegel liegen zwischen 65 und 80 dB. Die maximalen Schallereignisse der Intensivstation sind zu jeder Zeit sehr laut. Zwischen 23:30 und 05:00 ergeben sich zumindest für die Stationen A, B, C und D energieäquivalente Dauerschallpegel von unter 50 dB. Dennoch werden sowohl untertags als auch nachts die Empfehlungen der WHO und des INC deutlich überschritten. Wie unter 4.2.3 erwähnt, sollte L_{eq} für Patientenzimmer gemäß der WHO unter 30 dB liegen mit Spitzenpegel bis maximal 40 dB. Solche anspruchsvollen Werte können aktuell in Krankenhäusern, wie der vorliegenden Literatur entnommen werden kann, noch nicht erreicht werden.

³⁷⁶ Vgl. PUGH, P. J.; GRIFFITHS, R.: Noise in critical care. In: Care of the critically ill, 23/2007. S. 105-109

³⁷⁷ Vgl. GRUMET, G.: Pandemonium in the modern hospital. In: The New England Journal of Medicine, 328/1993. S. 433-437

³⁷⁸ Vgl. MCLAREN, E.; MAXWELL-ARMSTRONG, C.: Noise pollution on an acute surgical ward. In: Annals of the Royal College of Surgeons of England, 90/2008. S. 136-139

Tabelle 21 - Mittelungs- und Maximalschallpegel in Patientenzimmer A - E³⁷⁹

Blau: L_{eq}		Rot: L_{max}		Alle Werte in dB	
Zeit	A	B	C	D	E
07:30	86,3	81,0	78,5	82,2	95,3
09:00	62,1	58,7	59,3	56,4	65,4
11:30	73,7	85,9	78,5	83,1	74,6
13:00	57,2	65,0	59,3	56,6	57,7
15:30	80,9	73,5	81,1	78,5	83,5
17:00	58,4	57,8	56,1	55,9	60,2
19:30	79,6	78,3	74,6	80,0	80,6
21:00	60,0	56,7	56,5	54,7	58,3
23:30	72,9	64,7	65,5	70,9	85,9
01:00	49,1	47,0	46,0	46,0	58,3
03:30	70,1	64,5	71,9	54,3	76,1
05:00	47,1	44,7	44,8	44,9	55,2

Um zu belegen, dass die soeben beschriebenen Daten einen durchschnittlichen Klinikalltag beschreiben, wird folgend eine weitere Studie aus dem Jahr 2010 erwähnt. Zusätzlich werden die dabei gemessenen Schallpegel dargelegt (siehe Tabelle 22):

Bei dieser Untersuchung wurden Schallpegelerhebungen in drei unterschiedlichen Krankenhäusern (A, B und C) in Taiwan durchgeführt. Die Messungen wurden jeweils an sechs verschiedenen, für Krankenanstalten charakteristischen Orten erhoben: in Schwesternstützpunkten, in Stationsgängen, in Krankenzimmern, in ambulanten Patientenwarteräumen, in Ambulanzen und bei Registrierungsstellen. Die Messungen wurden in jeder Krankenanstalt vier Tage lang durchgeführt, die Ergebnisse in den vorgegebenen Zeiträumen (08:30 – 9:30, 11:30 – 12:30, 16:00 – 17:00) gemittelt und die Varianz ermittelt.³⁸⁰

³⁷⁹ Vgl. MCLAREN, E.; MAXWELL-ARMSTRONG, C.: Noise pollution on an acute surgical ward. In: Annals of the Royal College of Surgeons of England, 90/2008. S.

³⁸⁰ Vgl. JUANG, D. F. et al.: Noise pollution and its effects on medical care workers and patients in hospitals. In: International Journal of Environmental Science and Technology, 7/2010. S. 705-716

Tabelle 22 - gemittelte Schallpegelmessungen mit Angabe der Varianz (Wert in Klammern) von taiwanesischen Krankenanstalten³⁸¹

Hospital	Measuring Time	Sound levels*					
		Nursing stations	Ward corridors	Ward interiors	Outpatient waiting area	Outpatient hall	registration counters
A	08:30-09:30 Mean(S.E.)	62.5(2.4)	56.5(1.5)	57.3(1.8)	60.5(2.0)	64.7(3.6)	65.4(2.3)
	11:30-12:30 Mean(S.E.)	63.0(1.1)	55.9(1.4)	57.6(1.3)	62.1(2.4)	64.6(0.9)	64.0(2.5)
	16:00-17:00 Mean(S.E.)	63.4(0.5)	56.4(2.5)	56.9(1.8)	60.6(2.6)	65.4(3.1)	65.4(2.0)
	Daily Mean(S.E.)	63.0(1.5)	56.2(1.7)	57.3(1.5)	61.1(2.3)	64.9(2.6)	64.9(2.2)
	08:30-09:30 Mean(S.E.)	56.2(6.0)	46.4(1.5)	46.0(5.6)	64.0(2.0)	63.2((3.1)	65.4(2.6)
B	11:30-12:30 Mean(S.E.)	58.5(3.3)	52.6(1.4)	53.6(3.2)	65.0(1.5)	65.3(3.5)	66.0(2.2)
	16:00-17:00 Mean(S.E.)	59.7(2.9)	52.9(1.4)	52.3(2.6)	66.8(2.9)	65.3(2.6)	64.7(0.6)
	Daily Mean(S.E.)	58.1(4.2)	50.6(3.3)	50.6(5.1)	65.3(2.4)	64.6(3.0)	65.4(1.9)
	08:30-09:30 Mean(S.E.)	53.6(1.5)	47.3(1.0)	45.1(5.8)	64.5(2.1)	62.7(2.8)	64.3(0.7)
	11:30-12:30 Mean(S.E.)	55.8(2.7)	52.0(1.0)	53.8(3.0)	65.8(0.7)	65.2(2.1)	62.5(0.8)
C	16:00-17:00 Mean(S.E.)	57.3(1.2)	53.9(0.9)	52.1(2.0)	66.8(2.1)	64.5(1.7)	62.8(0.4)
	Daily Mean(S.E.)	55.6(2.3)	51.0(3.0)	50.3(5.3)	65.7(1.9)	64.1(2.3)	63.2(1.0)
	Total daily mean	58.9(4.2)	52.6(3.8)	52.7(5.4)	64.0(3.0)	64.6(2.6)	64.5(2.0)

Vergleicht man die Schallpegel aus Tabelle 22 mit jenen aus Tabelle 21, so wird ersichtlich, dass sich die Werte nicht wesentlich voneinander unterscheiden. Auch diese drei Krankenanstalten konnten die von der WHO geforderten Grenzwerte nicht im Ansatz erfüllen.

Einen weiteren Brennpunkt für stark erhöhte Schallpegel stellen Operationssäle dar. Schallmessungen im John Hopkins Hospital in den USA haben ergeben, dass der durchschnittliche L_{eq} einer Operation (Operationsdauer liegt zwischen 19 und 548 Minuten) bei Werten zwischen 57 und 70,5 dB liegt. Schallspitzenpegel über 90 dB konnten dabei regelmäßig gemessen werden und auch Pegel über 105 dB wurden zumindest über 10% der Bezugszeit erhoben.³⁸²

Eine ähnliche Datenerhebung mit vergleichbaren Ergebnissen wurde in einem Krankenhaus in Chicago durchgeführt. Shapiro und Berland haben Schallpegel während alltäglicher Operationen gemessen und erhoben dabei Dauerschallpegel im Bereich von 55 und 86 dB. Des Weiteren weisen sie in ihrer Arbeit darauf hin, dass diese Schallkulisse aus gesundheitlicher Sicht als sehr bedenklich eingestuft werden muss. Sowohl Patienten als auch die Operateure selbst würden von einer Reduktion des Schallpegels profitieren, weshalb sie dringlich zu derartigen Maßnahmen raten.³⁸³

³⁸¹ JUANG, D. F. et al.: Noise pollution and its effects on medical care workers and patients in hospitals. In: International Journal of Environmental Science and Technology, 7/2010. S. 705-716

³⁸² Vgl. KRACHT, J. M.; BUSCH-VISHNIAC, I. J.; WEST, J. E.: Noise in the operating rooms of Johns Hopkins Hospital. In: The Journal of the Acoustical Society of America, 121/2007. S. 2673-2680

³⁸³ Vgl. SHAPIRO, R. A.; BERLAND, T.: Noise in the Operating Room. In: The New England Journal of Medicine, 287/1972. S. 1236-1238

4.4 Schallquellen

4.4.1 Externe Schallquellen

Geht man davon aus, dass Krankenanstalten in städtebauliche Gesamtkonzepte eingebettet sind und somit bei der Errichtung und der weiteren Planung, wie in Kapitel 4.2 beschrieben, explizit auf ein ruhiges Umfeld geachtet wird, könnte man meinen, dass externe Schallquellen eine untergeordnete Rolle spielen. Diese Auffassung wird auch in einigen Publikationen vertreten.^{384, 385, 386} Bedenkt man aber, dass die Errichtung einiger Spitäler oftmals viele Jahre zurückliegt, städtebauliche Planungen und der Eisenbahn- oder Flugverkehr erst im Nachhinein entstanden sind, so ist davon auszugehen, dass die Planungsrichtwerte für gebietsbezogene Schallimmissionen (siehe Tabelle 13) nicht immer eingehalten werden können.

Die wichtigsten externen Schallquellen sind:³⁸⁷

- Verkehrslärm
- Industrielärm

Der Verkehrslärm kann in Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm gegliedert werden.

Bei der letzten Befragung der österreichischen Bevölkerung zum Thema Umweltbedingungen, welche im Jahr 2015 vom Bundesministerium durchgeführt wurde, gaben 38,7% der Menschen an, sich in ihrer Wohnung durch Lärm belästigt zu fühlen. Dabei beschrieben 3,9% der Befragten das Ausmaß als „sehr stark“ und 7,6% als „stark“, womit die Ergebnisse jenen der Umfragen aus den Jahren 2007 und 2011 entsprechen.³⁸⁸

³⁸⁴ Vgl. OTENIO, M. H.; CREMER, E.; CLARO, E. M.: Noise level in a 222 bed hospital in the 18th health region-PR. In: Brazilian Journal of Otorhinolaryngology, 73/2007. S. 245-250

³⁸⁵ Vgl. CABRERA, I. N.; LEE, M. H.: Reducing noise pollution in the hospital setting by establishing a department of sound: a survey of recent research on the effects of noise and music in health care. In: Preventive Medicine, 30/2000. S. 339-345

³⁸⁶ Vgl. SCHRADER, D.; SCHRADER, N.: Lärm auf Intensivstationen und dessen Auswirkungen auf Patienten und Personal. In: Intensiv: Fachzeitschrift für Intensivpflege und Anaesthesie, 9/2001. S. 96-106

³⁸⁷ Vgl. <https://www.laerminfo.at/laermkarten/strassenverkehr.html>. Datum des Zugriffs: 26.12.2019

³⁸⁸ Vgl. STATISTIK AUSTRIA: Umweltbedingungen, Umweltverhalten 2015. http://www.laerminfo.at/dam/jcr:4a991352-bbc3-4667-9be1-d56f1bc4fcd3/projektbericht_umweltbedingungen_umweltverhalten_2015.pdf. Datum des Zugriffs: 19.Dezember.2019

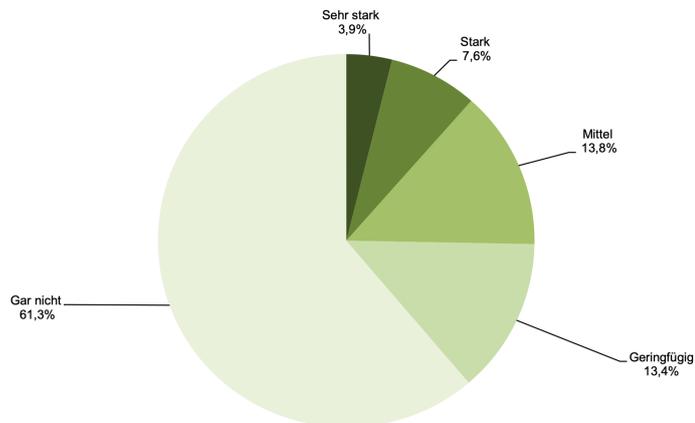


Abbildung 41 - Lärmbelästigung der österreichischen Bevölkerung 2015³⁸⁹

Der Verkehrssektor macht in etwa 49,5% der Lärmbelästigungen aus, wobei angemerkt werden muss, dass dieser Anteil eine abnehmende Tendenz zeigt. Im Jahr 2003 verursachte der Verkehrslärm noch 73,5% aller angegebenen lärmbedingten Belästigungen. Grundsätzlich wurden 16,4% aller Lärmstörungen dem PKW-Verkehr und 15% dem LKW- bzw. Busverkehr zugeschrieben. Dem einspurigen Kfz-Verkehr werden in etwa 9% aller Lärmbelästigungen zugeschrieben, während der Flug- und Schienenverkehr mit 4% bzw. 4,9% ungefähr gleich oft genannt werden.³⁹⁰

Bei Störungen durch Lärm, welcher nicht dem Verkehrssektor zugeschrieben werden kann, wurden Baustellen mit 17,8% am häufigsten genannt. Im Bericht wird grundsätzlich noch erwähnt, dass die Belastung durch Lärm sehr von den örtlichen Gegebenheiten abhängig ist. Insbesondere in Ballungsräumen ist die Häufigkeit von Störungen erhöht.³⁹¹

³⁸⁹ STATISTIK AUSTRIA: Umweltbedingungen, Umweltverhalten 2015. http://www.laerminfo.at/dam/jcr:4a991352-bbc3-4667-9be1-d56f1bc4fcd3/projektbericht_umweltbedingungen_umweltverhalten_2015.pdf. Datum des Zugriffs: 19.Dezember.2019

³⁹⁰ Vgl. STATISTIK AUSTRIA: Umweltbedingungen, Umweltverhalten 2015. http://www.laerminfo.at/dam/jcr:4a991352-bbc3-4667-9be1-d56f1bc4fcd3/projektbericht_umweltbedingungen_umweltverhalten_2015.pdf. Datum des Zugriffs: 19.Dezember.2019

³⁹¹ Vgl. STATISTIK AUSTRIA: Umweltbedingungen, Umweltverhalten 2015. http://www.laerminfo.at/dam/jcr:4a991352-bbc3-4667-9be1-d56f1bc4fcd3/projektbericht_umweltbedingungen_umweltverhalten_2015.pdf. Datum des Zugriffs: 19.Dezember.2019

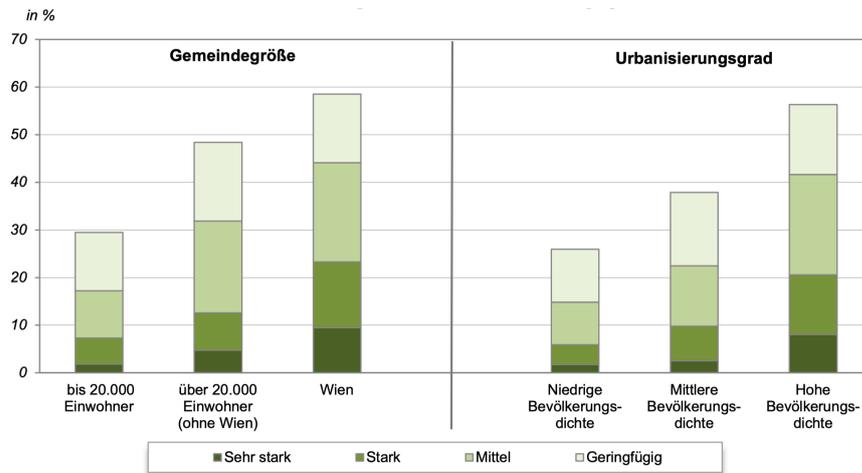


Abbildung 42 - Lärmstörungen insgesamt nach Gemeindegröße und Urbanisierungsgrad³⁹²

Interessant im Zusammenhang mit Verkehrslärm sind die Ergebnisse einer Untersuchung der Europäischen Kommission aus dem Jahr 2002, wonach die Empfindung dieser drei Lärmquellen durch die Bevölkerung ungleich ist. Vorausgesetzt, dass stets derselbe Schallpegel (65 dB) herrscht, geben 45% der beschallten Personen an, sich von Fluglärm gestört zu fühlen. Im Vergleich dazu fühlen sich bei demselben Schallpegel 35% durch Straßenverkehrslärm und weniger als 25% durch Schienenverkehrslärm belästigt.³⁹³

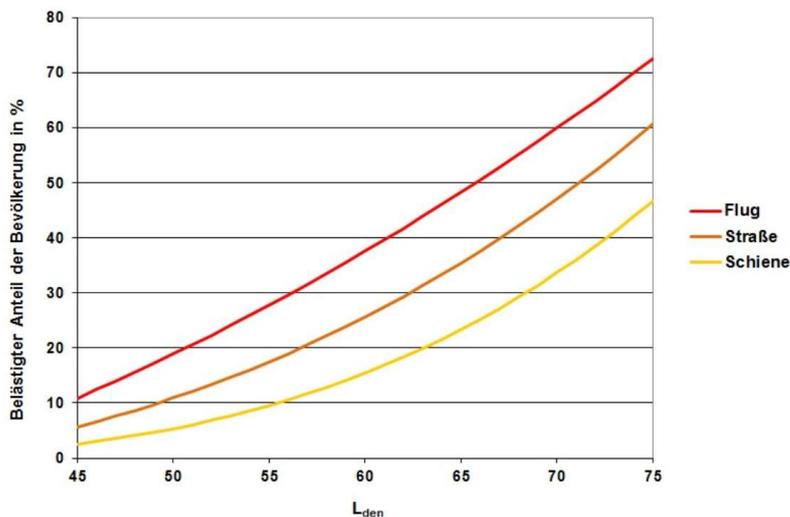


Abbildung 43 - Belästigungswirkung von Verkehrslärm³⁹⁴

³⁹² STATISTIK AUSTRIA: Umweltbedingungen, Umweltverhalten 2015. http://www.laerminfo.at/dam/jcr:4a991352-bbc3-4667-9be1-d56f1bc4fd3/projektbericht_umweltbedingungen_umweltverhalten_2015.pdf. Datum des Zugriffs: 19.Dezember.2019

³⁹³ Vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION: Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. Positionsbericht. S. 1ff

³⁹⁴ <http://www.laerminfo.at/ueberlaerm/laermwirkung/belaestigungswirkung.html>. Datum des Zugriffs: 26.12.2019

4.4.2 Interne Schallquellen

Grundsätzlich kann der hohe Schallpegel in Krankenhäusern überwiegend auf interne Schallquellen zurückgeführt werden. Dabei wird zwischen zwei Arten von Schallquellen unterschieden.

Auf der einen Seite gibt es jenen Umgebungsschall, der von **Personen** (von Patienten, Besuchern und dem medizinischen bzw. pflegerischen Personal) verursacht wird. Christensen konnte 2005 in einer Studie beispielsweise einen direkten Zusammenhang zwischen der Anzahl der Mitarbeiter des Fachpersonals in einem Krankenhaus und dem dort gemessenen Schallpegel nachweisen.³⁹⁵ Auch in einer anderen Studie werden vorrangig laute Konversation, Zurufe auf der Station, Schnarchen, Husten, Lachen etc. als Grund für die hohe Lärmbelastung der Patienten gesehen.³⁹⁶

Andererseits hat der Schall auch **Einrichtungs- bzw. Gebrauchsgegenstände** als Ursprung. Das betrifft größtenteils krankenhausspezifische Gerätschaften und Utensilien, wie unterschiedliche Therapiegeräte, den Arbeitslärm von Überwachungsmonitoren oder elektronisch verstellbare Betten, aber auch nicht-medizinische Gegenstände oder Tätigkeiten tragen ihren Teil zu einem erhöhten Umgebungslärm bei, wie u.a. Fernseher, Telefone oder Reinigungsmaschinen.³⁹⁷

4.4.2.1 Personalbedingter Lärm

Eine stationäre Abteilung in einem Krankenhaus kann ein sehr menschenüberfüllter Ort sein. Neben den Patienten und deren Besuchern, befindet sich vor allem das krankenhauseigene Personal in den Fluren und den Patientenzimmern, um therapeutische oder sonstige Aufgaben zu erledigen. Dabei handelt es sich unter anderem um pflegerisches Personal, Ärzte, Reinigungskräfte, administratives Personal, Essenszustellungen uvm., die allesamt für die bestmögliche Versorgung der Patienten verantwortlich sind, aber gleichzeitig auch ein schallgeprägtes Umfeld erzeugen, welches durch fluktuierende Schallpegel und sich überlagernde Schallfrequenzen geprägt wird.

Daraus ergibt sich ein wichtiger Zusammenhang, welcher im Jahr 1993 durch Grumet und wie bereits erwähnt 2003 durch Christensen bestätigt

³⁹⁵ Vgl. CHRISTENSEN, M.: Noise levels in a general surgical ward: a descriptive study. In: Journal of Clinical Nursing, 14/2005. S. 156-164

³⁹⁶ Vgl. SCHRADER, D.; SCHRADER, N.: Lärm auf Intensivstationen und dessen Auswirkungen auf Patienten und Personal. In: Intensiv: Fachzeitschrift für Intensivpflege und Anaesthesie, 9/2001. S. 96-106

³⁹⁷ Vgl. FILLARY, J. et al.: Noise at night in hospital general wards: A mapping of the literature. In: British Journal of Nursing, 24/2015. S. 536

wurde.^{398, 399} Der Dauerschallpegel ist demnach in entscheidender Weise von der in einem Raum anwesenden Personenanzahl abhängig, denn je mehr Menschen sich in einem Raum aufhalten, desto höher ist folglich auch der Gesamtschallpegel.

Außerdem, wie sich während einer Studie im Jahr 1982 über Stressfaktoren in der Intensivmedizin herausstellte, bewerteten insbesondere Patienten ab einem Alter von 50 Jahren den Lärm durch das Pflegepersonal und den alltäglichen Stationsbetrieb als den größten Belastungsfaktor.⁴⁰⁰

Dieses Ergebnis wird von einer weiteren Studie, die 2012 durchgeführt wurde, belegt, wonach 65% der befragten Patienten Konversationen des Personals als am störendsten empfanden, gefolgt von Lärm, der von anderen Patienten und Zimmergenossen ausging (54%), Alarmen (42%), Durchsagen über Sprechanlagen (39%) und Diensthandys (38%).⁴⁰¹

Ein wichtiger Faktor stellt die Tatsache dar, dass Pflege und medizinische Betreuung rund um die Uhr stattfinden und sich Patienten dieser Lärmquelle somit den ganzen Tag ausgesetzt sehen. Außerdem spielt es eine gewichtige Rolle, auf welche Art und Weise Mitarbeiter ihre Arbeiten verrichten, bzw. ob ein Bewusstsein von Seiten des Personals bezüglich der lärmemittierenden Tätigkeiten vorhanden ist.

Tabelle 23 - Gemessene personalbedingte Lärmquellen auf einer Intensivstation (Maximalpegel L_{max})⁴⁰²

personalbedingter Lärm	dB
Gespräch von 4 Personen (z.B. Visite)	75
Fallen einer Schere auf harten Fußboden	79,4
Öffnen eines Pappkartons	79,5
Aufreißen steril verpackter Handschuhe	86
Fallen einer Nierenschale	90
Abziehen eines Gas-Wandanschlusses	103
Fallen einer Edelstahlschüssel	106

³⁹⁸ Vgl. GRUMET, G.: Pandemonium in the modern hospital. In: The New England Journal of Medicine, 328/1993. S. 433-437

³⁹⁹ Vgl. CHRISTENSEN, M.: Noise levels in a general surgical ward: a descriptive study. In: Journal of Clinical Nursing, 14/2005. S. 156-164

⁴⁰⁰ Vgl. BUNZEL, B. et al.: Psychische Stressfaktoren in der Intensivmedizin. In: Anaesthesist, 31/1982. S. 693-698

⁴⁰¹ Vgl. YODER, C. et al.: Noise and Sleep Among Adult Medical Inpatients: Far From a Quiet Night. In: Archives of Internal Medicine, 172/2012. S. 68-70

⁴⁰² Vgl. SCHRADER, D.; SCHRADER, N.: Lärm auf Intensivstationen und dessen Auswirkungen auf Patienten und Personal. In: Intensiv: Fachzeitschrift für Intensivpflege und Anaesthesie, 9/2001. S. 96-106

4.4.2.2 Gerätebedingter Lärm

Aufgrund der rasanten technischen Weiterentwicklung im medizinischen Bereich gibt es heutzutage eine Vielzahl an Therapie- und Überwachungsgeräten, welche wiederum über ihre Alarmsignale und Arbeitsgeräusche eine potentielle Lärmquelle darstellen. Vor allem Alarmsignale haben sich inzwischen als große Problematik herausgestellt, da sie einerseits nicht nur aufgrund ihrer meist hohen Frequenz und ihrer hohen Lautstärke eine akustische Belästigung per se sind, sondern auch Patienten unter emotionalen Stress setzen, Besucher verschrecken und manchmal auch Personal verwirren und frustrieren können.⁴⁰³

Um diese Problematik etwas besser zu veranschaulichen, können Intensivstationen als Beispiel herangezogen werden: In diesen hochspezialisierten Abteilungen ist, aufgrund der meist schwerwiegenden Erkrankungen der Patienten, der Überwachungs- und gerätetechnische Aufwand am größten. All diese Geräte haben eigene Signal- und Alarmgeräusche. So kommt es, dass während einer 2009 durchgeführten Studie, bei welcher explizit Alarmer auf unterschiedlichen Intensivstationen miteinander verglichen wurden, in einem Beobachtungszeitraum von 7824 Stunden in Summe 33.462 Alarmer registriert wurden, was gleichzeitig 4,3 Alarmer pro Patienten und Beobachtungsstunde entspricht.⁴⁰⁴ Wird zudem das Ergebnis einer weiteren Studie aus dem Jahr 2015 herangezogen, wonach Patienten den Umgebungslärm ausgehend von medizinischen Geräten als am störendsten empfunden und als einer der Hauptursachen für Schlafstörungen identifiziert haben, so wird das Lärmpotenzial in modernen Überwachungs- und Therapiegeräten gut ersichtlich.⁴⁰⁵

Abgesehen von medizinischen Geräten und Alarmer, gibt es unzählige nicht-medizinische Schallquellen, wie Radios, Fernseher und Handys, aber auch Reinigungsmaschinen, Geschirrwägen (oder andere Versorgungsvorgänge) oder zuschlagende Türen.

⁴⁰³ Vgl. SCHRADER, D.; SCHRADER, N.: Lärm auf Intensivstationen und dessen Auswirkungen auf Patienten und Personal. In: Intensiv: Fachzeitschrift für Intensivpflege und Anaesthesie, 9/2001. S. 96-106

⁴⁰⁴ Vgl. SIEBIG, S. et al.: Lärm auf der Intensivstation. In: Anaesthesist, 58/2009. S. 240-246

⁴⁰⁵ Vgl. FILLARY, J. et al.: Noise at night in hospital general wards: A mapping of the literature. In: British Journal of Nursing, 24/2015. S. 536

Tabelle 24 - Gemessene gerätebedingte Lärmquellen auf einer Intensivstation
(Maximalpegel L_{\max})⁴⁰⁶

gerätebedingter Lärm	dB
Überwachungsmonitore	73 – 80
Beatmungsgeräte	69 – 81
Atemgaskonditionierung	85,2
Infusionsgeräte	66 – 78
Telefon oder Pieper	80 - 85

⁴⁰⁶ Vgl. SCHRADER, D.; SCHRADER, N.: Lärm auf Intensivstationen und dessen Auswirkungen auf Patienten und Personal.
In: Intensiv: Fachzeitschrift für Intensivpflege und Anaesthesie, 9/2001. S. 96-106

5 Verbesserungsmöglichkeiten des Schallschutzes

Das Umfeld in Krankenanstalten wird niemals absolut ruhig sein, denn es ist ein aktives, ein komplexes und ein sich in ständigem Wandel befindliches Umfeld. Dennoch ist es notwendig, über Maßnahmen ein lärmarmes Miteinander zu fördern um Komfort, Behaglichkeit und Wohlfühlen zu stiften und einen grundsätzlich geringen Schallpegel zu erreichen, wie es auch vom Healing Environment Ansatz gefordert wird. Diese Maßnahmen können unterschiedlichster Natur sein und an mannigfaltigen Systemelementen oder Prozessabschnitten angreifen. MacKenzie und Galbrun gehen nach ihren Untersuchungen an Krankenhäusern beispielsweise davon aus, dass in etwa 34% aller Lärmquellen in Krankenanstalten vermeidbar sind und weitere 28% teilweise zu umgehen wären.⁴⁰⁷ Diese Angaben können zwar nicht als absolute Zahlen gesehen werden, sie beweisen jedoch, dass es genügend Potential gibt, um wirksame Maßnahmen umsetzen zu können.

Grundsätzlich empfiehlt es sich, den Schallschutz aktiv in Qualitäts- und (Chancen-) Risikomanagementprozesse aufzunehmen, im Zuge derer die Schallsituation analysiert wird, Maßnahmen geplant bzw. umgesetzt werden und die Wirksamkeit überprüft wird.

In diesem Abschnitt der Arbeit sollen mehrere potentielle Mittel und Werkzeuge aufgezeigt werden, um einen Schritt in Richtung Lärmreduktion in Krankenanstalten machen zu können.

5.1 Bauliche Schallschutzmaßnahmen

Bei Maßnahmen, den baulichen Schallschutz betreffend, muss unterschieden werden, ob es sich dabei um einen Umbau einer bereits errichteten Krankenanstalt handelt, bei welcher die grobe Raumstruktur und -aufteilung, die Geometrie, die Geschoßaufteilung uvm. bereits weitestgehend bestimmt sind, oder um einen Krankenhausneubau, wo auf viele wichtigen Parameter Einfluss genommen werden kann.

Prizipiell muss bei den in dieser Arbeit angeführten baulichen Schallschutzmaßnahmen angemerkt werden, dass folgend lediglich ein grober Ansatz für Verbesserungen beschrieben wird. Der Themenbereich der baulichen Schallschutzmaßnahmen ist ein enorm umfangreicher und würde im Falle einer detaillierten Ausführung den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

⁴⁰⁷ Vgl. MACKENZIE, D. J.; GALBRUN, L.: Noise levels and noise sources in acute care hospital wards. In: Building Services Engineering Research and Technology, 28/2007. S. 117-131

5.1.1 Krankenhausneubau

Vor allem beim **Krankenhausneubau** können im Voraus durch eine durchdachte Planung die Einflüsse möglicher Lärmquellen gemieden oder zumindest verringert werden. So kommt es, dass die ersten Überlegungen bereits den Standort betreffen, da dieser möglichst keinem Verkehrs- oder Industrielärm ausgesetzt werden sollte. Prinzipiell sollten in diesem Zusammenhang unbedingt die von der WHO erarbeiteten Richtwerte (siehe Tabelle 4) eingehalten werden. In Österreich können bei der Standortermittlung beispielsweise die vom Bundesministerium angefertigten Lärmkarten herangezogen werden, um die Belastung durch Verkehrs- bzw. Industrielärm einschätzen zu können. In weiterer Folge müssen des Weiteren unbedingt zusätzliche Schallpegelmessungen vor Ort durchgeführt werden.

Auch bei der Zuordnung der unterschiedlichen Stationen zu den jeweiligen Geschossen sollte bedacht werden, dass besonders ruhebedürftige Abteilungen, wie beispielsweise Intensivpflegebereiche, in den oberen Etagen angesiedelt werden sollten, da dort der Einfluss von Straßen- und Baulärm am geringsten ist. Werden diese Grundregeln der Spitalsplanung eingehalten und auch die Außenbauteile schalltechnisch der Norm entsprechend (siehe Tabelle 14) errichtet, kann der Einfluss der externen Lärmquellen bereits auf ein Minimum reduziert werden

Des Weiteren muss großes Augenmerk auf die **Anordnung und die Zuordnung der verschiedenen Räumlichkeiten** gelegt werden:

Wie bereits im Kapitel 2.3.1 erwähnt, bildet eine angemessene und in sich optimierte Raumanordnung und -planung die Basis, um einen perfekten Prozessablauf, einen effizienten Personaleinsatz und eine davon abhängige Prozessoptimierung zu ermöglichen. Die Ausführung verschiedenster Tätigkeiten kann dadurch beschleunigt werden, gleichzeitig wird auch das Lärmpotenzial auf ein Minimum reduziert. Bezüglich der Patientenzimmer wird in einer Arbeit aus dem Jahr 2007, bei welcher die Ergebnisse aus 25 Studien analysiert wurden, festgehalten, dass der effektivste Weg, eine ruhige Patientenumgebung zu schaffen, jener ist, diese in Privatzimmern unterzubringen.⁴⁰⁸ Klarerweise ist diese Forderung aus finanzieller Sicht nicht immer umsetzbar. Dennoch sollte unter gegebenen Voraussetzungen eine solche Planungsmaßnahme angedacht werden, um Patienten ein Genesungsumfeld zu bieten, welches dem Healing Environment Ansatz entspricht.

Auch erforderliche Transport- und Personalwege bzw. Wartezeiten, die sich an den unterschiedlichen Schnittstellen ergeben, werden von einer durchdachten Planung positiv beeinflusst, wodurch überflüssige Lärmquellen vermieden werden.

⁴⁰⁸ Vgl. VAN DE GLIND, I.; DE ROODE, S.; GOOSSENS, A.: Do patients in hospitals benefit from single rooms? A literature review. In: Health Policy, 84/2007. S. 153-161

Ein besonderes Augenmerk muss bei der **Planung von Sozial-, Personalaufenthalts- und Besprechungsräumen** gelegt werden. Diese sind einerseits nicht nur für den flüssigen Prozessablauf von höchster Bedeutung, sondern sind auch jene Räumlichkeiten, von welchen die größte Lärmemittlerung ausgeht. Folglich muss der Luftschallschutz dieser Bereiche im Sinne einer guten Wand- und Deckenisolierung besonders sorgfältig ausgeführt werden, auch deren Lage soll in einem ganzheitlichen Schallschutzkonzept besonders berücksichtigt werden. Was Arbeitsbereiche zur Lagerung, Versorgung und Entsorgung betrifft, sollten diese außerhalb der Patientenräume liegen.⁴⁰⁹

5.1.2 Krankenhaus- oder Stationsumbau

Dennoch gibt es viele unterschiedliche Maßnahmen, welche auch bei einem **Krankenhaus- oder Stationsumbau** berücksichtigt werden können:

Niedrige Decken führen zu einer geringen Schallausbreitung, des Weiteren sollten Wand-, Decken- und Fußbodenbeläge bzw. -oberflächen aus schlecht schallreflektierenden Materialien bestehen. Werkstoffe mit ungünstigen schallschutztechnischen Eigenschaften, wie Keramikfliesen, Edelstahl oder Glas sollten, sofern es die hygienischen Vorschriften zulassen, vermieden werden. In einer Fallstudie aus dem Jahr 2007 wurde beobachtet, dass der effektivste Weg, Schallpegel im Zuge von Stationsumbauten zu reduzieren, das **Anbringen von schallabsorbierenden Materialien an Wänden und Decken** ist. In diesem konkreten Fall wurden akustisch wirksame Fiberglasplatten, auf welchen eine antibakteriell fungierende Beschichtung aufgebracht wurde, in einer onkologischen Station installiert, wodurch der energieäquivalente Dauerschallpegel um 5 dB gesenkt und die Nachhallzeit um mehr als die Hälfte verringert werden konnte.⁴¹⁰

⁴⁰⁹ Vgl. SCHRADER, D.; SCHRADER, N.: Lärm auf Intensivstationen und dessen Auswirkungen auf Patienten und Personal. In: Intensiv: Fachzeitschrift für Intensivpflege und Anaesthesie, 9/2001. S. 96-106

⁴¹⁰ Vgl. MACLEOD, M. et al.: Quieting Weinberg 5C: A case study in hospital noise control. In: The Journal of the Acoustical Society of America, 121/2007. S. 3501-3508

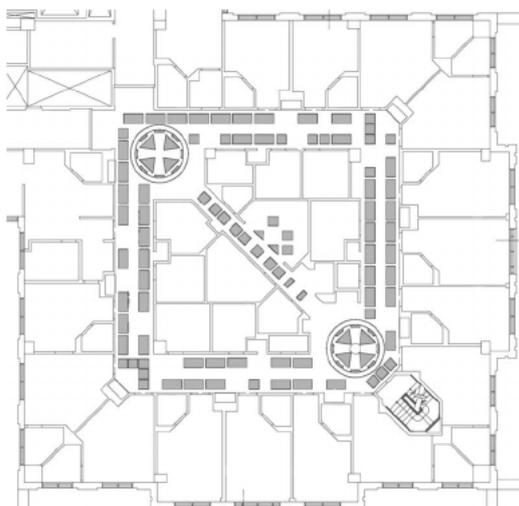


Abbildung 44 - Grundriss der onkologischen Station, auf welchem zu sehen ist, wo schallabsorbierende Platten an der Decke angebracht wurden⁴¹¹

Eine weitere derartige Maßnahme wäre, große Mehrbettzimmer vor allem durch Schallschutzwände, aber beispielsweise ebenso durch Vorhänge sowohl optisch als auch akustisch zu unterteilen.

Neben diesen teils teuren und aufwändigen Maßnahmen gibt es auch zahlreiche **kleine Änderungen und Ergänzungen**, welche den Gesamtgeräuschpegel verringern können. Exemplarisch dafür können die Installation von Türstoppern und Türdämpfern (Verhindern das laute Auf- bzw. Zuschlagen von Türen) für Patientenzimmer oder die Ausbildung von möglichst ebenen Fugen in Gängen und bei Türschwellen aufgezählt werden.

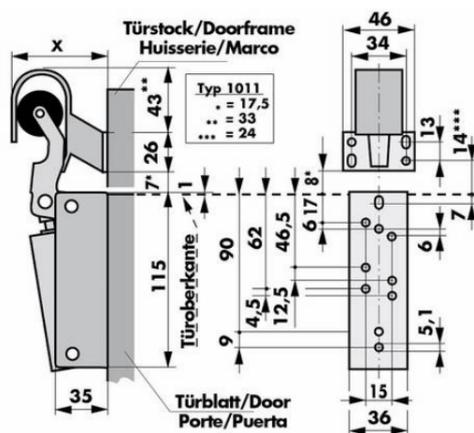


Abbildung 45 - Türdämpfer Z 1000 der Firma Dictator als Beispiel für einen Türdämpfer⁴¹²

⁴¹¹ MACLEOD, M. et al.: Quieting Weinberg 5C: A case study in hospital noise control. In: The Journal of the Acoustical Society of America, 121/2007. S. 3501-3508

⁴¹² <https://mk-beschlaege.de/tuerdaempfer/dictator-z-1000/43/dictator-tuerdaempfer-z-1000>. Datum des Zugriffs: 20.11.2019

Besonders bei diesen eher unscheinbaren aber dennoch effektiven Veränderungen ist es wichtig, dass die jeweils vorliegende Schallsituation genauestens bezüglich ihrer Schallquellen und ihrer Verbesserungspotenzialen analysiert wird, sodass gezielte, an die jeweiligen Gegebenheiten angepasste Maßnahmen umgesetzt werden können.^{413, 414, 415}

⁴¹³ Vgl. MORRELL, S.; TAYLOR, R.; LYLE, D.: A review of health effects of aircraft noise. In: Aust N Z J Public Health, 21/1997. S. 221-236

⁴¹⁴ Vgl. STANSFELD, S.; HAINES, M.; BROWN, B.: Noise and health in the urban environment. In: Rev Environ Health, 15/2000. S. 43-82

⁴¹⁵ Vgl. WHO REGIONAL OFFICE FOR EUROPE: Night Noise Guidelines for Europe (A EURO Publication). wissenschaftlicher Bericht. S. XIIff

5.2 Schallschutzmaßnahmen für personalbedingten Lärm

In etwa die Hälfte der Geräuschbelastung wird auf Stationen vom Personal verursacht. Zieht man in Betracht, dass gerade der personalbedingte Lärm die am besten beeinflussbare Lärmursache ist, wird ersichtlich, welches Potenzial in entsprechenden Maßnahmen steckt.

An und für sich sollten im Sinne eines strukturierten Risikomanagements auf den jeweiligen Stationen **Geräuschpegelmessungen** durchgeführt werden. Einerseits, um jedem Mitarbeiter das Ausmaß der Lärmbelastung aufzuzeigen und diese Problematik zu verdeutlichen und andererseits, um anhand der dadurch ermittelten Ausgangswerte eine individuell angepasste Lärmreduzierung ausarbeiten und planen zu können. Durch regelmäßige Wiederholungen dieser Messungen kann darüber hinaus auch die Wirksamkeit der implementierten Maßnahmen überprüft werden.

Grundsätzlich muss aber davon ausgegangen werden, dass nicht eine einzige Maßnahme große Effekte erzielen wird, sondern der Schallschutz gegen personalbedingten Lärm nur durch viele kleine unterschiedlichen Veränderungen erzielt werden kann, welche sich zu einer bemerkbaren Verbesserung kumulieren.⁴¹⁶

5.2.1 Bewusstseinsbildung

Vielen Mitarbeitern ist ihre Rolle als Lärmverursacher gar nicht bewusst, weshalb die Aufklärung und die Information über diese Problematik ein wichtiger Schritt in Richtung Lärmreduzierung sind. Es muss ein Bewusstsein bezüglich der Risiken und der Bedeutung von Lärm für Patienten und Mitarbeiter bzw. für die Lärmproblematik geschaffen werden und zwar in möglichst allen Berufsgruppen, die in einer Krankenanstalt arbeiten.

Ist einem Mitarbeiter einmal die Lautstärke der alltäglichen Tätigkeiten und deren Folgen bewusst, besteht eine große Chance, dass sich diese Person eine möglichst leise Arbeitsweise aneignet. Diese Ansicht wird auch in mehreren Studien vertreten.^{417, 418, 419}

5.2.2 Gezielte Produktauswahl

Interessant in diesem Zusammenhang ist auch das Ergebnis einer Untersuchung aus dem Jahr 1987. Dabei stellte sich heraus, dass es im Hinblick

⁴¹⁶ Vgl. RICHARDSON, A. et al.: Development and implementation of a noise reduction intervention programme: a pre- and postaudit of three hospital wards. In: Journal of Clinical Nursing, 18/2009. S. 3316-3324

⁴¹⁷ Vgl. WILSON, C. et al.: Improving the Patient's Experience With a Multimodal Quiet-at-Night Initiative. In: Journal of Nursing Care Quality, 32/2017. S. 134-140

⁴¹⁸ Vgl. RICHARDSON, A. et al.: Development and implementation of a noise reduction intervention programme: a pre- and postaudit of three hospital wards. In: Journal of Clinical Nursing, 18/2009. S. 3316-3324

⁴¹⁹ Vgl. NORTON, C. et al.: Improving sleep for patients in acute hospitals. In: Nursing Standard, 11/2015. S. 35-42

auf den entstehenden Lärmpegel eine gewichtige Rolle spielt, welche Produktmarke bei diversen Tätigkeiten verwendet wurde. So konnten beispielsweise beim Zerreißen von Papier in Abhängigkeit von der Papiermarke Pegel zwischen 41 und 81 dB, oder beim Öffnen und Schließen von Ordnern je nach Hersteller 40 bis 70 dB gemessen werden. Daraus kann geschlossen werden, dass abgesehen von der Arbeitsweise auch die Auswahl von leisem Stationsequipment eine Rolle spielen kann, möchte man die Lärmbelastung in Krankenhäusern abmindern.⁴²⁰

5.2.3 Mitarbeiterschulungen

Eine Möglichkeit Bewusstsein zu schaffen, ist die Abhaltung von Schulungen für das Personal. Inhalte dieser Weiterbildungen wären neben den Auswirkungen von Lärm und dessen Ursachen, aber vor allem auch Vorschläge und Möglichkeiten den Lärm zu vermindern bzw. die Schallquellen zu vermeiden. Ein Weg, um Potenziale entdecken und eruieren zu können, wäre, Patienten nach deren Aufenthalt bezüglich störender Schallquellen und Lärmereignissen zu befragen. Dieses Feedback kann auf mehrere Weisen nützlich sein: Abgesehen davon, dass möglich Problemfelder, störende Tätigkeiten und unpassende Verhaltensweisen aufgezeigt werden, können diese direkten Rückmeldungen auch dafür verwendet werden, um das Personal während der Schulungen noch weiter zu sensibilisieren. Immerhin liefern die Betroffenen dadurch selbst den Beweis, dass sie tatsächlich von der Schallproblematik betroffen sind und die Themen Schallschutz und Lärminderung ernstzunehmen sind.

5.2.4 Schallschutzbeauftragter

Eine zusätzliche Festigung des Bewusstseins kann durch die Installation eines „Schallschutzbeauftragten“ geschehen. Dieser zusätzliche Posten kann entweder durch einen einzelnen aktuellen Mitarbeiter besetzt werden, welcher bereits über zusätzliche Kompetenzen verfügt bzw. sich diese aneignen muss, oder es wird eine Gruppe von Mitarbeitern aus unterschiedlichen Abteilungen damit beauftragt. Ziel ist es, schallmindernde Potenziale zu entdecken, Lösungsansätze zu finden, diese in Schulungen zu implementieren, Schulungen zu terminieren, die Umsetzung der Fortbildungsinhalte zu kontrollieren, den Mitarbeitern Feedback geben uvm. Es wird sofort ersichtlich, dass die Aufgabenbereiche eines Schallschutzbeauftragten mannigfaltig sind und dieser Posten hinsichtlich eines erfolgreichen und nachhaltigen Qualitäts- und Risikomanagements unumgänglich ist.

⁴²⁰ Vgl. HILTON, A.: The hospital racket: how noisy is your unit?. In: American Journal of Nursing, 87/1987. S. 59-61

5.2.5 Guidelines

Als weitere Maßnahme, um dem allgemeinen Schallpegel Herr zu werden und diesen zu senken, sei die Ausarbeitung und Implementierung von **Guidelines** angeführt, welche auf eine möglichst ausgeprägte Patientenschonung abzielen. Darin könnten beispielsweise durchaus simple Verhaltensweisen verankert werden, wie das Schließen von Türen (Ausnahme: auf Intensivstationen wird die Lärmbelastung aufgrund der vielen Geräte und Monitore in jedem Zimmer durch geschlossene Türen erhöht⁴²¹), das Vermeiden von Konversationen auf dem Gang, die Verringerung der Konversationslautstärke in Patientennähe, das Ausschalten von Radio- oder TV-Geräten während der Abwesenheit von Patienten, das Umschalten des Diensthandys auf den Vibrationsmodus uvm. Um diese Maßnahmen durchführen zu können, bedarf es einer Sensibilisierung und einer gezielten Schulung des Personals. Dieser Aufgabenbereich würde ebenfalls klar in den Kompetenzbereich des vorhin angeführten Schallschutzbeauftragten fallen.

Des Weiteren könnte eine Beschränkung der Anzahl der in einem Patientenzimmer anwesenden Personen in diese Guideline implementiert werden. Dafür bedarf es zwar einer zeitlichen Koordination von Pflegemaßnahmen, medizinischen Behandlungen, Physiotherapie, diagnostischen Maßnahmen etc., doch wie in Kapitel 4.4 beschrieben, steht der Dauerschallpegel in direktem Zusammenhang mit den sich in einem Raum befindlichen Personen, weshalb es in diesem Bereich viel Potential hinsichtlich einer Schallquellenreduktion gibt. Gleichzeitig könnte man auch versuchen, für jedes Zimmer tagsüber eine Ruhephase festzulegen, während dieser das Betreten nur mit dringlichen Anliegen gestattet wird.

5.2.6 Gedämpftes Licht

Einen zusätzlichen interessanten Input liefert dahingehend u.a. auch Schrader: Gedämpftes Licht führt in der Regel zu einem leiseren Verhalten des Personals.⁴²² Diesen Effekt nutzte man auch im Zuge einer Studie bei der Erstellung einer Guideline in Taiwan mit dem Ergebnis, dass der allgemeine Schallpegel während der Nacht tatsächlich abnahm.⁴²³

⁴²¹ Vgl. MOORE, M. M. et al.: Interventions to reduce decibel levels on patient care units. In: The American surgeon, 64/1998. S. 894-899

⁴²² Vgl. SCHRADER, D.; SCHRADER, N.: Lärm auf Intensivstationen und dessen Auswirkungen auf Patienten und Personal. In: Intensiv: Fachzeitschrift für Intensivpflege und Anaesthesie, 9/2001. S. 96-106

⁴²³ Vgl. LI, S. Y. et al.: Efficacy of controlling night-time noise and activities to improve patients' sleep quality in a surgical intensive care unit. In: Journal of Clinical Nursing, 20/2011. S. 396-407

5.3 Schallschutzmaßnahmen für gerätebedingten Lärm

Wie bereits in Kapitel 4.4.2.2 erwähnt, tragen neben personenbedingten Lärmquellen vor allem medizinisch-technische Geräte zu einer andauernden Lärmbelästigung bei. Dabei spielen vorwiegend die **Alarmsignale** der Instrumente eine gewichtige Rolle. Diese sind häufig unnötig laut und sind schwer voneinander zu unterscheiden, wodurch eine wichtige Information, nämlich die Ursache des Alarms, verloren geht. Somit besitzt gerätebedingter Lärm zwei verschiedene, störende Eigenschaften: Einerseits verursachen sie insbesondere für den sich in unmittelbarer Nähe befindlichen Patienten über ihre Lautstärke eine hohe Geräuschbelastung mit hohen Spitzenpegeln. Andererseits stellen akustische Alarme für das Stationspersonal gleichzeitig einen Stressfaktor dar, weil es aufgrund der fehlenden Spezifität der Alarme zu Verwirrung und Frustration kommen kann.

Es liegt in der Natur der Sache, dass die Häufigkeit der Geräteeinsätze vom Stationstyp abhängig ist. Vergleicht man etwa eine durchschnittliche Bettenstation für Innere Medizin mit einer Intensivstation, wird man feststellen, dass die geräteabhängige Überwachung und Therapie bei letztgenannter um ein Vielfaches ausgeprägter sind. Dennoch könnte man diverse Geräteeinstellungen und -handhabungen dahingehend verändern, dass es zu einer Vermeidung von Schallemission kommt.

Primär sollte die Monitorüberwachung eines Patienten stets auf das Nötigste beschränkt werden, ohne ihn einer Gefährdung auszusetzen. Je weniger Geräte in Betrieb sind, umso weniger Lärmquellen gibt es. Eine offensichtliche Vorgabe könnte zusätzlich sein, dass **Alarmlautstärken**, sofern es sich um keinen eventuell lebensnotwendigen Alarm handelt, bis auf ein Minimum reduziert werden. Eine solche Einstellung kann heutzutage meist mittels der Grundeinstellungen des Gerätes vorgenommen werden, sodass der Signalschallpegel im Bedarfsfall wieder erhöht werden kann. Grundsätzlich sollten nur **möglichst moderne Überwachungsmonitore und medizinisch-technische Gerätschaften** verwendet werden. Das hat nicht nur den Vorteil, dass man stets die beste Versorgung bezüglich der Funktionssicherheit und der Arbeitsgenauigkeit anbieten kann, sondern es gibt inzwischen auch die Möglichkeit, akustische Signale mit visuellen zu ersetzen.⁴²⁴

Was die **Lage der Geräte** betrifft, sollte darauf geachtet werden, dass auf der einen Seite Alarmsignale nicht auf Höhe des Patientenohrs entstehen können und auf der anderen Seite, sofern es die Zuleitungen und Kabel zulassen, dass Geräte mit möglichst großem Abstand zum Patienten positioniert werden. Außerdem sind die Betroffenen auch über den Sinn, die Bedeutung und die Notwendigkeit der akustischen Alarme zu informieren, damit die Stressreaktion und die emotionale Belastung bestmöglich reduziert werden.

⁴²⁴ Vgl. SCHRADER, D.; SCHRADER, N.: Lärm auf Intensivstationen und dessen Auswirkungen auf Patienten und Personal. In: Intensiv: Fachzeitschrift für Intensivpflege und Anaesthesie, 9/2001. S. 96-106

Instrumente, die nur intermittierend in Gebrauch sind (z.B.: Absauger, Sauerstoffgeräte, etc.) sollten bei Nichtgebrauch abgestellt werden. Bei der Neuanschaffung von Maschinen und Instrumenten sollte auf die Lärmemission der Geräte geachtet werden (beispielsweise auch bei Reinigungsmaschinen, Transportanlagen etc.).

So wie das gewünschte Verhalten des Personals muss auch die Handhabung der unterschiedlichen Instrumente vorgegeben werden. Bedienstete müssen dafür zusätzlich geschult und eingewiesen werden.

5.4 Sonstige Maßnahmen

In diesem Kapitel sollen nun weitere Maßnahmen erwähnt werden, welche in die vorherigen Themenbereichen nicht eingegliedert werden konnten.

5.4.1 Ohrstöpsel

Die Anwendung von Gehörschutz für Patienten wurde im Rahmen mehrerer Studien implementiert und evaluiert.^{425, 426, 427} Dabei stellte sich heraus, dass Ohrstöpsel eine akzeptable und wirkungsvolle Maßnahme sind, um die Schlafsituation in Krankenzimmern zu verbessern. Interessant dabei ist, dass durch deren Anwendung einerseits der wahrgenommene Grundgeräuschpegel reduziert wurde, andererseits jedoch Probanden über keine Verbesserung in Bezug auf Schallspitzenpegel berichtet haben.

5.4.2 Lärmampel

Eine weitere innovative Maßnahme, um das Bewusstsein aller sich in einem Raum befindlichen Personen bezüglich der vorhandenen Lärmbelastung zu verbessern, ist die Installation von „Lärmampeln“. Ein derartiges Lärm-Warnungssystem wurde bisher in zwei Studien getestet.^{428, 429} Dabei handelte es sich jeweils um eine verkehrsübliche Ampel, welche bei Schallpegeln bis 40 dB grün leuchtete, zwischen 40 und 50 dB auf orange sprang und über 50 dB rotes Licht ausstrahlte. In zumindest einer der beiden Studien wurde festgehalten, dass es sich dabei um ein nützliches Tool handelt, um auf die Lärmproblematik aufmerksam zu machen, welches allerdings mit der Zeit an Wirkung verliert, da Mitarbeiter auf Dauer die Ampeln ignorierten. Dennoch eignet sich eine Lärmampel beispielsweise im Rahmen der unter 5.2 erwähnten Zustandserhebung der aktuellen Schallsituation ausgezeichnet, um auf der einen Seite die erforderlichen Daten zu erheben und auf der anderen Seite gleichzeitig um auf die Problematik aufmerksam zu machen.

⁴²⁵ Vgl. HADDOCK, J.: Reducing the effects of noise in hospital. In: Nursing Standard, 8/1994. S. 25

⁴²⁶ Vgl. NORTON, C. et al.: Improving sleep for patients in acute hospitals. In: Nursing Standard, 11/2015. S. 35-43

⁴²⁷ Vgl. MURPHY, G.; BERNARDO, A.; DALTON, J.: Quiet at night: implementing a nightingale principle. In: American Journal of Nursing, 113/2013. S. 43-52

⁴²⁸ Vgl. MURPHY, G.; BERNARDO, A.; DALTON, J.: Quiet at night: implementing a nightingale principle. In: American Journal of Nursing, 113/2013. S. 43-52

⁴²⁹ Vgl. THOMAS, K. P. et al.: Sleep rounds: a multidisciplinary approach to optimize sleep quality and satisfaction in hospitalized patients. In: Journal of Hospital Medicine, 7/2012. S. 508-512

5.4.3 Gezielter Einsatz von Musik

Einen diesbezüglich alternativen Ansatz liefern aber auch Cabrera und Lee in ihrer Arbeit aus dem Jahr 2000.⁴³⁰ Während ihrer Analyse, wie Lärmbelastungen in Krankenhausumgebung am besten zu beherrschen sind, wird neben den Wirkungen einiger der vorhin genannten Maßnahmen auch der positive Effekt von gezielt eingesetzter Musik beschrieben. Dabei beziehen sie sich auf eine Studie aus dem Jahr 1998⁴³¹, bei der so vorgegangen wurde, dass sich Patienten, welche gleichzeitig unterstützend beatmet wurden, selbst Musik aussuchen konnten. Während einer Beschallungszeit von 30 Minuten wurden signifikante Veränderungen dahingehend festgestellt, dass sich im Vergleich zu einer ruhigen Krankenhausatmosphäre die Herzschlagfrequenz erniedrigte, die Atemfrequenz sank, sich Patienten mehr entspannten und sich auch deren Ängstlichkeit besserte. Folglich kann angenommen werden, dass eine gezielte Musiktherapie als wertvolle Alternative zur üblichen Medikamentengabe (normalerweise werden psychisch aufgeregte Patienten mittels Sedativa beruhigt) gesehen werden und diese auch in anderen Situationen eingesetzt werden kann, um Patienten zu beruhigen und ihnen ein Gefühl der Behaglichkeit zu vermitteln.

Zusätzlich verweisen Cabrera und Lee darauf, dass der beruhigende Effekt von Musik einerseits auf Patientenseite eine sehr gute Ergänzung im präoperativen Setting wäre und andererseits auf Ärzteseite ebenfalls von Nutzen wäre, um den Fokus auf eine bevorstehende Operation zu lenken und die Konzentrationsfähigkeit des Personals zu erhöhen.⁴³²

Als weiteres Indiz für den positiven Effekt von Musik sehen sie außerdem eine andere Studie aus dem Jahr 1998⁴³³, bei welcher auf einer Neugeborenenstation in den USA eine signifikante Abnahme der Aufenthaltsdauer von Frühgeborenen um fünf Tage und eine gleichzeitige, signifikante Gewichtszunahme derselben unter Musiktherapie beobachtet wurde. Der Autor führt dies auf eine spezielle Charakteristik der Musik in Bezug auf Rhythmus, Tonhöhe, Melodie und Harmonie zurück, mit welcher die Umwelt der Neugeborenen im Brutkasten kontrolliert wurde.

Folglich fordern Cabrera und Lee nicht nur eine Reduktion und Kontrolle der Schallquelle, sondern auch eine Einführung und Installation eines

⁴³⁰ Vgl. CABRERA, I. N.; LEE, M. H.: Reducing noise pollution in the hospital setting by establishing a department of sound: a survey of recent research on the effects of noise and music in health care. In: Preventive Medicine, 30/2000. S. 339-345

⁴³¹ Vgl. CHLAN, L.: Effectiveness of a music therapy intervention on relaxation and anxiety for patients receiving ventilatory assistance. In: Heart & Lung, 27/1998. S. 169-176

⁴³² Vgl. CABRERA, I. N.; LEE, M. H.: Reducing noise pollution in the hospital setting by establishing a department of sound: a survey of recent research on the effects of noise and music in health care. In: Preventive Medicine, 30/2000. S. 339-345

⁴³³ Vgl. OLSON, S. L.: Bedside musical care: applications in pregnancy, childbirth, and neonatal care. In: Journal of Obstetric, Gynecologic, & Neonatal Nursing, 27/1998. S. 569-575

„*Department of Sound*“⁴³⁴, welches sich mit der Umsetzung der beschlossenen Maßnahmen beschäftigt und sich auch mit dem gezielten Einsatz von Musiktherapie auseinandersetzt.

5.4.4 Noise cancelling System

Ein zusätzliches akustisches Tool, welches in Krankenhäusern zur Anwendung kommen könnte und auch von Grumet⁴³⁵ in seiner Publikation gefordert wird, ist ein sogenanntes „Noise cancelling System“. Ein Noise cancelling System ist ein aktives Lärm Kontrollsystem, welches Störgeräusche wahrnimmt und gleichzeitig entgegengesetzten Schall aussendet. Dadurch können ungewollte Schallpegel verringert, manchmal sogar ganz eliminiert werden. Heutzutage macht die Musikbranche von dieser Technik bereits mit Erfolg Gebrauch, indem moderne Audiosysteme ein solches System beherrschen und dafür sorgen, dass Störgeräusche während des Musikhörens auf ein Minimum beschränkt werden.

Weitere mögliche Maßnahmen, welche von MacKenzie und Galbrun während ihrer Studie ausgearbeitet wurden, sind:

- Austausch aller metallenen Mistkübel und Ersatz dieser mit solchen aus Plastik (Alternativ: Installation von leisen Verschlusssystemen)
- Anbringen von Filzdämpfern an Sessel- und Tischbeinen, um den Lärm beim Verrücken und Verstellen zu verringern
- Verwendung von manuellen Papierhandtuchspendern anstelle von sensorgesteuerten, automatischen Papierhandtuchspendern
- Anbringen von „Bitte leise sein“ Schildern, um das Personal an eine angemessene Arbeitsweise zu erinnern und auch Besucher dahingehend zu beeinflussen⁴³⁶

Prinzipiell gibt es kein „Standard-Maßnahmenpaket“, welches in jeder Krankenanstalt umgesetzt werden kann und wodurch jede Lärmproblematik der Vergangenheit angehört. Um die jeweilige Lärmproblematik zu lösen, bedarf es einer genauen Situationsanalyse und einer gezielten Umsetzung von Veränderungen.

Mazer rät in ihrer Arbeit zu einer step-by-step Methode, welche mit einer Datenerfassung beginnt, gefolgt von einer Zielsetzung und einer Erarbeitung von konkreten Veränderungen. Während die Maßnahmen umgesetzt

⁴³⁴ Vgl. CABRERA, I. N.; LEE, M. H.: Reducing noise pollution in the hospital setting by establishing a department of sound: a survey of recent research on the effects of noise and music in health care. In: Preventive Medicine, 30/2000. S. 339-345

⁴³⁵ Vgl. GRUMET, G.: Pandemonium in the modern hospital. In: The New England Journal of Medicine, 328/1993. S. 433-437

⁴³⁶ Vgl. MACKENZIE, D. J.; GALBRUN, L.: Noise levels and noise sources in acute care hospital wards. In: Building Services Engineering Research and Technology, 28/2007. S. 117-131

werden, rät sie außerdem dazu, dass der Lärm nicht nur quantitativ mittels Schallmessungen erhoben wird, sondern auch qualitativ in Form von Patienten- und Mitarbeiterbefragungen. Die Ergebnisse werden evaluiert und sofern die gesetzten Ziele noch nicht erreicht wurden, wird ein neues Maßnahmenpaket erarbeitet, bis der gewünschte Effekt erreicht wurde.⁴³⁷ Dieses Vorgehen würde einem klassischen Qualitätsmanagementprozess entsprechen (siehe 2.1.1).

5.4.5 (Chancen-) Risikomanagement

Eine Möglichkeit, Potentiale zukünftiger Schallschutzmaßnahmen ersichtlich zu machen, bzw. mögliche Risiken durch eine unangepasste Schallsituation eruieren zu können, bietet das Chancen- bzw. Risikomanagement (siehe 2.1.1).

Eine mögliche Analyse wird nachstehend beispielshalber angeführt:

Chancen

- Bessere Genesung und geringere Behandlungskosten
- Geringere Fehleranfälligkeit
- Weniger Erkrankungen der Mitarbeiter führen zu einer Reduktion der Krankenstände
- Bessere Motivation/Arbeitsklima

Risiken

- Lärm wird von Mitarbeiter, Besuchern und Patienten wahrgenommen
- Lärm erschwert die Kommunikation und die Wahrnehmung von Warnsignalen
- Lärm wird vom Körper als Stress empfunden
- Stress schadet dem Immunsystem und der Gesundheit im Allgemeinen und fördert Krankenstände
- Stress führt zu schlechterer Konzentration und Fehleranfälligkeit

⁴³⁷ Vgl. MAZER, S. E.: Assessing And Resolving Hospital Noise Issues. In: Health Facilities Management Magazine, 18/2005. S. 24-29

Wurden die Risiken eruiert und auch mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit beziffert, ist es möglich diese grafisch darzustellen (siehe Abbildung 46).

Wahrscheinlichkeit	wahrscheinlich					
	gelegentlich					
	selten					
	unwahrscheinlich					
	sehrselten					
		unwichtig	moderat	groß	ernst	katastrophal
		Schadensausmaß				

Abbildung 46 - Risk Map mit Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß⁴³⁸

Mit dieser Methode können zukünftige Risikoreduktionen geplant und strukturiert werden. Dabei genießen Risiken, welche sich in den dunkelgrauen Feldern befinden, die höchste Priorität und müssen sofort behoben werden. Solche, die sich im hellgrauen Bereich befinden, sollten auf lange Sicht mittels eines Vorsorgeplans bedacht werden. Grundsätzlich gilt, dass alle Risiken, welche sich nicht im weißen Bereich befinden, und damit eine Toleranzgrenze überschreiten, behandelt werden müssen.

Zusätzlich lässt sich diese Vorgehensweise sehr gut mit dem unter dem Kapitel 2.1.1 angeführten PDCA-Zyklus kombinieren, um die Umsetzung des Risikomanagements zugleich im Sinne eines geordneten Qualitätsmanagements umzusetzen. Auf diese Weise kann die Auswirkung von Unsicherheit auf die zukünftigen Ziele verringert werden.

⁴³⁸ HUNZIKER, S.; MEISSNER, J. O.: Ganzheitliches Chancen- und Risikomanagement. S. 16

6 Fazit und Ausblick

Im Wesentlichen werden in dieser Arbeit drei unterschiedliche Problematiken im Detail aufbereitet:

- Die Problematik der zu hohen Schallbelastungen in Krankenanstalten, sowohl für Patienten als auch für Mitarbeiter im Allgemeinen und die unzureichende Bestimmung der maßgeblichen Schallquellen.
- Das fehlende Verständnis für gesundheitliche Folgen von zu starker oder andauernder Beschallung für den Körper und mögliche resultierende Beeinträchtigungen am Arbeitsplatz.
- Die unzureichenden Maßnahmen, um diesem Problem Herr zu werden und fehlende Umsetzungsstrategien, um diese Maßnahmen in den laufenden Krankenhausbetrieb zu implementieren.

Es wurde versucht diese Thematiken möglichst ganzheitlich zu beschreiben und auch die Zusammenhänge untereinander aufzuzeigen.

In diesem abschließenden Kapitel wird neben einer Zusammenfassung des Werks in weiterer Folge ein resultierender Lösungsansatz erläutert und es wird außerdem aufgezeigt, inwiefern diese Arbeit den Weg dorthin unterstützen kann.

6.1 Zusammenfassung

Das erste Kapitel beinhaltet eine ausführliche Einführung in die Grundthematik dieser Arbeit. Beginnend mit einer einleitenden Umschreibung der bearbeiteten Sujets, wird anschließend die Ausgangssituation in Krankenanstalten im Allgemeinen beschrieben und nachfolgend die Zielsetzung dieses Werks definiert. Abgeschlossen wird das erste Kapitel mit einer Darstellung der methodischen Vorgehensweise und der Beschreibung der Grundstruktur dieser Arbeit.

Im zweiten Kapitel werden die wichtigsten Grundlagen zum Krankenhausbau, zur Bauphysik und zur menschlichen Schallwahrnehmung und -verarbeitung dargestellt. Dieses beinhaltet einen ausführlichen Exkurs zu den verwendeten Begrifflichkeiten und eine Darstellung der österreichischen Krankenhauslandschaft inklusive ihrer Gliederung und ihrer wichtigsten Einflüsse. Außerdem wird der Healing Environment Ansatz genauer aufbereitet, eine Denkweise, die sowohl architektonische als auch medizinische Aspekte in sich vereint. Anschließend wird auf den Schallschutz, eine der klassischen Disziplinen der Bauphysik, eingegangen. Dabei werden zunächst der Luftschallschutz und der Trittschallschutz gesondert behandelt, um abschließend die Grundprinzipien der Raumakustik verständlich zu machen. Schließlich endet das zweite Kapitel mit der Thematik der

Schallaufnahme und -weiterverarbeitung des menschlichen Körpers. Dafür wird eingangs die grundlegende Anatomie des Ohrs erklärt, gefolgt von den wichtigsten Prozessen und Verschaltungen, die es ermöglichen, Schallwellen in körpereigene Signale umzusetzen.

Welche Folgen eine permanente bzw. eine zu starke Schallbelastung haben kann und welche Wirkung Lärm auf den Körper hat, wird im dritten Abschnitt dieser Arbeit erklärt. Dabei wird zwischen den direkt auf das Ohr wirkenden Folgen und jenen, die systemisch sowohl die Psyche als auch den restlichen Körper betreffen, unterschieden. Abschließend werden auch die Thematiken Infra- und Ultraschall aufgegriffen, welche zwei immer stärker werdende, aber dennoch größtenteils unerforschte Umwelteinflüsse darstellen.

Das vierte und fünfte Kapitel können als der Kern der vorliegenden Arbeit gesehen werden. Ersteres beschäftigt sich mit dem Schallschutz in Krankenhäusern an sich. Allgemeine Anforderungen an Krankenanstalten werden aufgezeigt und auch rechtliche und normative Rahmenbedingungen unterschiedlichster Organisationen bzw. Institute angeführt. Darauf folgt das Hauptergebnis der Literaturrecherche, nämlich die Aufbereitung einiger unterschiedlicher Studien, in welchen Schallpegelmessungen in Krankenanstalten durchgeführt wurden. Im letzten Abschnitt des vierten Kapitels werden alle Schallquellen - die externen, wie auch die internen - angeführt und ihre Bedeutung hinsichtlich einer verbesserten Schallsituation in Spitälern beschrieben.

Im letzten Abschnitt dieser Arbeit werden schließlich aus den zuvor beschriebenen Umständen Verbesserungsmöglichkeiten und Potentiale abgeleitet. Hierzu wurde in der Literatur nach Maßnahmen gesucht und diese nach ihrem Nutzen und ihrer Wirksamkeit bewertet. Es wurde zwischen baulichen Schallschutzmaßnahmen, Maßnahmen für personalbedingten Lärm und solchen für gerätebedingten Lärm unterschieden.

Somit werden die drei initial beschriebenen Problemfelder – die zu hohe Schallbelastung in Krankenanstalten, das fehlende Verständnis für gesundheitliche Folgen durch Schall und die dahingehenden unzureichenden Schallschutzmaßnahmen – im Zuge dieser Arbeit ausführlich ausgearbeitet und mögliche Lösungen abgeleitet. Des Weiteren wurden grobe Vorgehensmodelle angegeben, die dabei helfen sollen, zukünftige Schallschutzmaßnahmen zu implementieren und diese in weiterer Folge zu evaluieren bzw. zu adaptieren.

6.2 Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

Die umweltbedingte Schallbelastung ist ein Problem, das seit der industriellen Revolution konstant zunimmt und inzwischen omnipräsent ist. Die Bevölkerung kann sich diesem Einfluss kaum noch entziehen. Sei es in den eigenen vier Wänden, auf der Straße oder in der Arbeit, beinahe nirgends findet man eine absolut leise Umwelt vor. Dieser Grundsatz gilt auch für Krankenhäuser.

Wie aus dieser Arbeit gut ersichtlich wird, sind Krankenanstalten Einrichtungen, die unterschiedlichste Interessenskonflikte in sich vereinen, durch mannigfaltige Einflüsse weiterentwickelt und stets mit den höchsten Erwartungen bzw. Anforderungen konfrontiert werden. Sie bieten Platz für Pflege, Lehre, Forschung und Weiterbildung und stehen somit im Brennpunkt vieler sich wandelnder Umfelder. Daraus folgt, dass das täglich erforderliche Personalaufkommen enorm ist, gefolgt von einer hohen Dichte an technischen Geräten, welche für die Aufgabenbewältigung unersetzlich sind.

Der letzten Endes aus den oben genannten Umständen resultierende, zu hohe Geräuschpegel in Krankenanstalten – wie bereits viele Messungen in der Vergangenheit gezeigt haben – ist weder den allgemeinen Anforderungen noch den Empfehlungen der WHO entsprechend. Die daraus entstehende erhöhte Ermüdung des Personals, die verringerte Konzentrationsfähigkeit, oder die als Belästigung wahrgenommene Wirkung des Schalls ist hinlänglich bekannt. Auch zusätzliche gesundheitsschädliche Effekte werden vermutet, jedoch ist die Rolle von Lärm in der Genesung dieser Erkrankungen, welche eine multifaktorielle Charakteristik aufweist, bisher noch schwer festzustellen. Auch die Folgen von Infra- bzw. Ultraschallbelastungen sind bisher noch nicht ausreichend erforscht.

Gemäß der Meinung des Autors dieser Arbeit, wird der Schallschutz in Krankenhäusern, solange das tatsächliche Ausmaß der Folgen, sowohl menschlicher, als auch finanzieller Natur, nicht ausreichend erforscht wurde, auch in Zukunft eine untergeordnete Rolle spielen. Es ist bislang faktisch nicht möglich, eine objektive Aussage über das Schadensausmaß durch eine zu hohe Schallbelastung zu tätigen, woraus sich der weitere Forschungsbedarf ableiten lässt:

- Der Einfluss von Schall auf die menschliche Gesundheit sollte hinsichtlich der Genese von chronischen Herz-Kreislauf-Erkrankungen und psychischen Erkrankungen intensiv erforscht werden.
- Der Healing Environment Ansatz sollte, die konkrete Bauausführung betreffend, genauer präzisiert werden. Die Meinung des Autors dieser Arbeit spiegelt wider, dass in diesem Zusammenhang beispielsweise auch eine Untergliederung dieses Ansatzes sinnvoll wäre und eine Erarbeitung eines daraus resultierenden Healing Sound Environment Ansatzes, welcher sich ausschließlich mit

den lärmbezogenen Problemfeldern auseinandersetzt, möglich wäre.

- Die Einflüsse von Infra- bzw. Ultraschall auf den menschlichen Körper müssen besser erforscht werden.
- Es bedarf einer strukturierten Analyse und einer Bewertung des Risikos durch Schall in Krankenanstalten.
- Eine monetäre Bewertung dieses Risikos und der Schäden in Spitälern wäre denkbar und sinnvoll, um den finanziellen Mehraufwand bewerten zu können und dem Schallschutz zukünftig eine höhere Bedeutung zukommen zu lassen.
- Eine vorausschauende und besonnene Anpassung der österreichischen Schallschutzanforderungen und Richtlinien in Krankenanstalten sollte vorgenommen werden.
- Potentielle bauliche Schallschutzmaßnahmen sollten hinsichtlich eines Krankenhausumfeldes vertieft ausgearbeitet werden.
- Es bedarf Untersuchungen an österreichischen Spitälern inklusive einer Bewertung und einer vertieften Ausarbeitung von zukünftigen, individuell angepassten Maßnahmenpaketen.

Abschließend möchte der Autor der vorliegenden Arbeit festhalten, dass es im Themenbereich der Lärmbelastung bzw. des Schallschutzes in Gesundheitseinrichtungen noch sehr viel Arbeit bedarf und dieses Werk als Anreiz für viele darauffolgende Forschungsarbeiten gesehen werden soll.

Literaturverzeichnis

<https://www.jusline.at/gesetz/kakug/paragraf/1>. Datum des Zugriffs: 11.06.2019.

<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/krankenhaus-38617>. Datum des Zugriffs: 11.06.2019.

http://www.kaz.bmg.gv.at/fileadmin/user_upload/Betten/4_G_Betten_jeEW.pdf. Datum des Zugriffs: 14.06.2019.

<http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/innovationszyklus/innovationszyklus.htm>. Datum des Zugriffs: 2.07.2019.

<https://flexikon.doccheck.com/de/Narkose>. Datum des Zugriffs: 3.07.2019.

<https://www.duden.de/rechtschreibung/Demografie>. Datum des Zugriffs: 3.07.2019.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/217730/umfrage/durchschnittsalter-der-bevoelkerung-in-oesterreich/>. Datum des Zugriffs: 3.07.2019.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/217431/umfrage/altersstruktur-in-oesterreich/>. Datum des Zugriffs: 3.07.2019.

https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/index.html. Datum des Zugriffs: 3.07.2019.

https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/index.html. Datum des Zugriffs: 3.07.2019.

https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/index.html. Datum des Zugriffs: 3.07.2019.

http://statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/gesundheit/gesundheitszustand/chronische_krankheiten/index.html#index1. Datum des Zugriffs: 4.07.2019.

<https://www.duden.de/rechtschreibung/System>. Datum des Zugriffs: 14.06.2019.

<https://flexikon.doccheck.com/de/Morbidität>. Datum des Zugriffs: 4.07.2019.

<https://flexikon.doccheck.com/de/Multimorbidität>. Datum des Zugriffs: 4.07.2019.

<https://www.enzyklo.de/Begriff/Medikalisierungsthese>. Datum des Zugriffs: 4.07.2019.

<https://flexikon.doccheck.com/de/Alternativmedizin>. Datum des Zugriffs: 5.07.2019.

<http://spitalsdaten.blogspot.com>. Datum des Zugriffs: 2.08.2019.

- <https://flexikon.doccheck.com/de/Inzidenz>. Datum des Zugriffs: 02.08.2019.
- <https://flexikon.doccheck.com/de/Mastektomie>. Datum des Zugriffs: 02.08.2019.
- <https://flexikon.doccheck.com/de/Compliance>. Datum des Zugriffs: 04.08.2019.
- https://www.sozialministerium.at/site/Gesundheit/Gesundheitssystem/Krankenanstanlten/Krankenanstanlten_und_selbststaendige_Ambulatorien_in_Oesterreich/Krankenanstanlten_in_Oesterreich. Datum des Zugriffs: 11.06.2019.
- <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/dissipation/3196>. Datum des Zugriffs: 04.09.2019.
- <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/absorption/127>. Datum des Zugriffs: 04.09.2019.
- https://www.laerminfo.at › dam › HB_Umgebungslaerm_Kap3. Datum des Zugriffs: 05.09.2019.
- <https://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/laerm/schalldruckpegel>. Datum des Zugriffs: 05.09.2019.
- <https://www.gesundheit.gv.at/leben/umwelt/laerm/was-ist-das>. Datum des Zugriffs: 9.09.2019.
- <http://www.laerminfo.at/ueberlaerm/grundlagen/dauerschallpegel.html>. Datum des Zugriffs: 10.09.2019.
- <https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/umweltrecht/immissionsschutzrecht#textpart-1>. Datum des Zugriffs: 10.09.2019.
- <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10010285>. Datum des Zugriffs: 12.06.2019.
- <https://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoise-4.pdf>. Datum des Zugriffs: 02.10.2019.
- <https://www.energieberater-pb.eu › app › download › Norm-Trittschallpegel>. Datum des Zugriffs: 07.10.2019.
- <https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/laermwirkungen/8534>. Datum des Zugriffs: 10.10.2019.
- <https://flexikon.doccheck.com/de/Schwerhoerigkeit>. Datum des Zugriffs: 13.10.2019.
- <https://flexikon.doccheck.com/de/Hyperakusis>. Datum des Zugriffs: 13.10.2019.
- https://flexikon.doccheck.com/de/Tinnitus_aurium. Datum des Zugriffs: 13.10.2019.

<https://flexikon.doccheck.com/de/Hirnstamm#Funktion>. Datum des Zugriffs: 14.10.2019.

http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/gesundheitsausgaben/019701.html. Datum des Zugriffs: 15.06.2019.

<https://flexikon.doccheck.com/de/Endokrin>. Datum des Zugriffs: 14.10.2019.

<https://flexikon.doccheck.com/de/Polysomnographie>. Datum des Zugriffs: 17.10.2019.

<https://flexikon.doccheck.com/de/Elektroenzephalographie>. Datum des Zugriffs: 17.10.2019.

<https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/enkodierung-von-informationen/4116>. Datum des Zugriffs: 17.10.2019.

https://www.beton.wiki/index.php?title=Bewertetes_Bau-Schalldämm-Maß. Datum des Zugriffs: 09.11.2019.

<https://www.baunetzwissen.de/bauphysik/fachwissen/schallschutz/nachweis-der-luftschalldaemmung-von-aussenbauteilen-6494629>. Datum des Zugriffs: 13.11.2019.

<https://www.cupertino.org/home/showdocument?id=13595>. Datum des Zugriffs: 13.11.2019.

<https://mk-beschlaege.de/tuerdaempfer/dictator-z-1000/43/dictator-tuerdaempfer-z-1000>. Datum des Zugriffs: 20.11.2019.

<https://blog.medel.com/hear-the-lowest-sounds-with-a-cochlear-implant/>. Datum des Zugriffs: 05.12.2019.

<http://biol1020-2012-1.blogspot.com/2012/04/deafness-found-lurking-in-genes.html>. Datum des Zugriffs: 05.12.2019.

<http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/schnittstellenmanagement/schnittstellenmanagement.htm>. Datum des Zugriffs: 23..06.2019.

<http://dantepfer.com/blog/?p=277>. Datum des Zugriffs: 05.12.2019.

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8d/Hoerflaeche.svg/1280px-Hoerflaeche.svg.png>. Datum des Zugriffs: 07.12.2019.

<https://www.baunetzwissen.de/bauphysik/fachwissen/schallschutz/raumakustik-halligkeit-nachhallzeit-und-schallabsorption-4407257>. Datum des Zugriffs: 17.12.2019.

<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/risiko-44896>. Datum des Zugriffs: 18.12.2019.

<http://www.blog.loesungsfabrik.de/pdca-zyklus-am-beispiel-eines-wg-putzplans/>. Datum des Zugriffs: 18.12.2019.

<https://www.duden.de/rechtschreibung/Stakeholder>. Datum des Zugriffs: 18.12.2019.

<https://flexikon.doccheck.com/de/Osteoporose>. Datum des Zugriffs: 18.12.2019.

<http://www.nachtruhe.info/news/folter-glocken-laerm.xhtml>. Datum des Zugriffs: 19.12.2019.

<https://www.laerminfo.at/laermkarten/strassenverkehr.html>. Datum des Zugriffs: 26.12.2019.

<http://www.laerminfo.at/ueberlaerm/laermwirkung/belaestigungswirkung.html>. Datum des Zugriffs: 26.12.2019.

<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/effektivitaet-33138>. Datum des Zugriffs: 23.06.2019.

<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/effizienz-35160>. Datum des Zugriffs: 23.06.2019.

<https://flexikon.doccheck.com/de/Kardiovaskulär>. Datum des Zugriffs: 16.01.2020.

<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/sezernieren/61329>. Datum des Zugriffs: 17.01.2020.

<https://flexikon.doccheck.com/de/Ischämie>. Datum des Zugriffs: 17.01.2020.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 8115 - 2:2006 12 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz. Wien. Austrian Standards Institute, 2006.

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: OIB Richtlinie 5. Richtlinie. Wien. Österreichisches Institut für Bautechnik, 2015.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 8115-4:2003 09 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 4: Maßnahmen zur Erfüllung der schalltechnischen Anforderungen. Wien. Austrian Standards Institute, 2003.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 8115 - 5:2012 04 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 5: Klassifizierung. Wien. Austrian Standards Institute, 2012.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 8115 - 3: 2005 11 01: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 3: Raumakustik. Wien. Austrian Standards Institute, 2005.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM ISO 31000: 2018 09 01: Risikomanagement - Leitlinien (ISO 31000:2018). Wien. Austrian Standards Institute, 2018.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM S 5021: 2017 08 01: Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung und -ordnung. Wien. Austrian Standards Institute, 2017.

ACTON, W. I.; CARSON, M. B.: Auditory and Subjective Effects of Airborne Noise from Industrial Ultrasonic Sources. In: British Journal of Industrial Medicine, 24/1967.

BABISCH, W.: Traffic noise and cardiovascular disease: Epidemiological review and synthesis. In: Noise&Health, 2/2000.

BASNER, M. et al.: Nachtfluglärmwirkungen – Band 1: Zusammenfassung. Publikation. DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, 2004.

BAYO, M.; GARCÍA, A. M.; GARCÍA, A.: Noise levels in an urban hospital and workers' subjective responses. In: Archives of Environmental Health, 50/1995.

BEHRENDTS, J. C.: Duale Reihe Physiologie. Stuttgart. Thieme Verlag, 2017.

BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. H.: GUIDELINES FOR COMMUNITY NOISE. Guideline. London. World Health Organization, 1999.

BLOMKVIST, V. et al.: Acoustics and psychosocial environment in intensive coronary care. <https://oem.bmj.com/content/oemed/62/3/e1.full.pdf>. Datum des Zugriffs: 06.August.2019.

BRAITHWAITE, J. J.; TOWNSEND, M.: Good vibrations: the case for a specific effect of infrasound in instances of anomalous experience has yet to be empirically demonstrated. In: Journal of the Society for Psychical Research, 70/2006.

BUNDESMINISTERIUM ARBEIT, SOZIALES, GESUNDHEIT UND KONSUMENTENSCHUTZ: systemisierte Betten. http://www.kaz.bmg.gv.at/fileadmin/user_upload/Betten/1_T_Betten_SBETT.pdf. Datum des Zugriffs: 13.Juni.2019.

BUNDESMINISTERIUM ARBEIT, SOZIALES, GESUNDHEIT UND KONSUMENTENSCHUTZ: Klassifikation der österreichischen Krankenanstalten. https://www.sozialministerium.at/cms/site/attachments/9/8/0/CH3984/CM_S1499253793427/klassifikation_krankenanstalten_20180703.pdf. Datum des Zugriffs: 11.Juni.2019.

BUNDESMINISTERIUM ARBEIT, SOZIALES, GESUNDHEIT UND KONSUMENTENSCHUTZ: tatsächlich aufgestellte Betten. http://www.kaz.bmg.gv.at/fileadmin/user_upload/Betten/2_T_Betten_TBE TT.pdf. Datum des Zugriffs: 13.Juni.2019.

BUNDESMINISTERIUM ARBEIT, SOZIALES, GESUNDHEIT UND KONSUMENTENSCHUTZ: Leistungsorientierte Krankenanstaltenfinanzierung - Systembeschreibung. https://www.sozialministerium.at/cms/site/attachments/3/2/9/CH3987/CMS1537962595916/systembeschreibung_2019.pdf. Datum des Zugriffs: 13.Juni.2019.

BUNDESMINISTERIUM ARBEIT, SOZIALES, GESUNDHEIT UND KONSUMENTENSCHUTZ: Krankenanstalten in Zahlen. http://www.kaz.bmg.gv.at/fileadmin/user_upload/Publikationen/ÜREG_2017.pdf. Datum des Zugriffs: 13.Juni.2019.

BUNDESMINISTERIUM ARBEIT, SOZIALES, GESUNDHEIT UND KONSUMENTENSCHUTZ: Bettenentwicklung in Österreich. http://www.kaz.bmg.gv.at/fileadmin/user_upload/Betten/3_G_Betten_TBETT.pdf. Datum des Zugriffs: 13.Juni.2019.

ROHREGGER, G. et al.: Behagliche Nachhaltigkeit . Wien. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2004.

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ARBEIT: LÄRM - Wirkungen und Gefahren für die Gesundheit. <https://www.arbeitsinspektion.gv.at/cms/inspektorat/dokument.html?channel=CH3205&doc=CMS1453975812677>. Datum des Zugriffs: 18.Oktober.2019.

BUNZEL, B. et al.: Psychische Stressfaktoren in der Intensivmedizin. In: Anaesthetist, 31/1982.

BUSCH-VISHNIAC, I. J. et al.: Noise levels in Johns Hopkins Hospital. In: The Journal of the Acoustical Society of America, 118/2005.

CABRERA, I. N.; LEE, M. H.: Reducing noise pollution in the hospital setting by establishing a department of sound: a survey of recent research on the effects of noise and music in health care. In: Preventive Medicine, 30/2000.

CHLAN, L.: Effectiveness of a music therapy intervention on relaxation and anxiety for patients receiving ventilatory assistance. In: Heart & Lung, 27/1998.

CHRISTENSEN, M.: Noise levels in a general surgical ward: a descriptive study. In: Journal of Clinical Nursing, 14/2005.

DAMKOWSKI, W.; MEYER-PANNWITT, U.; PRECHT, C.: Das Krankenhaus im Wandel: Konzepte, Strategien, Lösungen. Stuttgart. Kohlhammer, 2000.

DASCHNER, F. et al.: Praktische Krankenhaushygiene und Umweltschutz. Berlin. Springer Verlag, 2006.

DAVIES, A.; HONOURS, B. F.: Acoustic Trauma : Bioeffects of Sound. <http://schizophonia.com/wp->

content/uploads/2015/01/Alex_Davies_Acoustic_Trauma.pdf. Datum des Zugriffs: 11.Dezember.2019.

DEUTSCHER ETHIKRAT: Patientenwohl als ethischer Maßstab für das Krankenhaus.

<https://www.ethikrat.org/fileadmin/Publikationen/Stellungnahmen/deutsch/stellungnahme-patientenwohl-als-ethischer-massstab-fuer-das-krankenhaus.pdf>. Datum des Zugriffs: 23.Juni.2019.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG: DIN 1320:2009 - 12: Akustik - Begriffe. Berlin. Beuth Verlag, 2009.

DIREKTION UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT: Schallschutz im Wohnbau . Linz. Land Oberösterreich, 2017.

EUROPÄISCHE KOMMISSION: Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. Positionsbericht. Luxemburg. Office for Official Publications of the European Communities, 2002.

EVANS, G. W.; MCCCCY, J. M.: When buildings don't work: The role of architecture in human health. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.4.5633&rep=rep1&type=pdf>. Datum des Zugriffs: 07.August.2019.

FIDELL, S. et al.: Noise-induced sleep disturbance in residential settings. Report. Ohio. Department of the air force, AL/OE-TR-1994-0131, 1994.

FIFE, D.; RAPPAPORT, E.: Noise and hospital stay. In: Am J Public Health, 66/1976.

FILLARY, J. et al.: Noise at night in hospital general wards: A mapping of the literature. In: British Journal of Nursing, 24/2015.

FISCHERMANNNS, G.: Praxishandbuch Prozessmanagement - Das Standardwerk auf Basis des BPM Framework ibo-Prozessfenster. Gießen. Verlag Dr. Götz Schmidt, 2013.

FRENCH, C. C. et al.: The "Haunt" project: an attempt to build a "haunted" room by manipulating complex electromagnetic fields and infrasound. In: Cortex, 45/2009.

FLADE, A.: Gestaltung von Umwelt. In: Psychologie in Gesellschaft, Kultur und Umwelt. Hrsg.: FREY, D.; HOYOS, C. G.: Weinheim. Beltz Verlagsgruppe, 2005.

GÄRNTNER, H.: Das Krankenhaus als System. In: Klinikmanagement: Erfolgsstrategien für die Zukunft. Hrsg.: ZWIERLEIN, E.: München. Urban & Fischer, 1997.

GEIGER, W.; KOTTE, W.: Handbuch Qualität, Grundlagen und Elemente des Qualitätsmanagements: Systeme — Perspektiven . Wiesbaden . Vieweg & Sohn, 2008.

- GIERING, K.: Lärmwirkungen. Publikation. Dessau-Roßlau. Umweltbundesamt, 2010.
- GOMEZ, P.: Modelle und Methoden des systemorientierten Managements. Bern. P. Haupt, 1981.
- GRAEBE- ADELSEN, J. S.: Risk Management - die Sicht von außen. In: Risk Management im Krankenhaus: Risiken begrenzen und Kosten steuern. Hrsg.: GRAF, V.; FELBER, A.; LICHTMANNEGGER, R.: Neuwied. Hermann Luchterhand Verlag, 2003.
- GRIEFAHN, B.; DI NISI, J.: Mood and cardiovascular functions during noise, related to sensitivity, type of noise and sound pressure level. In: Journal of Sound and Vibration, 155/1992.
- GRIEFAHN, B.; JANSEN, G.; BÖHMER, O.: Schlafstörungen und Hypnotikakonsum bei unterschiedlicher Belastung durch Straßengeräusche. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 39/1985.
- GRIEFAHN, B. et al.: Vorschlag eines Bewertungssystems für Fluglärm. In: ErgoMed, 6/2003.
- GRIEFAHN, B. et al.: Physiological, subjective, and behavioural responses to noise from rail and road traffic. In: Noise & Health, 3/2000.
- GRUMET, G.: Pandemonium in the modern hospital. In: The New England Journal of Medicine, 328/1993.
- GUSKI, R.: Fluglärmwirkungen – auch eine Sache des Vertrauens. In: Daka 98. Hrsg.: AKUSTIK, D. G.: Weinheim. Physik-Verlag, 1998.
- : Status, Tendenzen und Desiderate der Lärmwirkungsforschung zu Beginn des 21. Jahrhunderts. In: Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 49/2002.
- HADDOCK, J.: Reducing the effects of noise in hospital. In: Nursing Standard, 8/1994.
- HANSEN, H.-C.; ZSCHOCKE, S.: Klinische Elektroenzephalographie. Heidelberg. Springer Verlag, 2011.
- HEINEN, P.: Wechselwirkungen zwischen medizinischen Prozessen und baulichen Strukturen im Krankenhausbau. <https://repository.publisso.de/resource/fri:3791433-1/data>. Datum des Zugriffs: 27.Juni.2019.
- : Wechselwirkungen zwischen medizinischen Prozessen und baulichen Strukturen im Krankenhausbau. <https://repository.publisso.de/resource/fri:3791433-1/data>. Datum des Zugriffs: 25.juni.2019.
- HILBERT, J.; FRETSCHE, R.; DÜLBERG, A.: Rahmenbedingungen und Herausforderungen der Gesundheitswirtschaft.

<https://www.iat.eu/aktuell/veroeff/ds/hilbert02b.pdf>. Datum des Zugriffs: 16.Juni.2019.

HILTON, A.: The hospital racket: how noisy is your unit?. In: American Journal of Nursing, 87/1987.

HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Berlin. Springer Verlag, 2017.

HUNZIKER, S.; MEISSNER, J. O.: Ganzheitliches Chancen- und Risikomanagement. Berlin. Springer Verlag, 2018.

HYGGE, S.; JONES, D. M.; SMITH, A. P.: Recent developments in noise and performance. retrospektive Studie. Sydney. 1998.

ILLING, R.; CHAPMAN, A.: The clinical applications of high intensity focused ultrasound in the prostate. In: International Journal of Hyperthermia, 23/2007.

ISTVÁN, L. V.; BERANEK, L. L.: Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications. New Jersey. John Wiley & Sons, 2005.

JANSEN, G.: Zur Nervösen Belastung Durch Lärm. Heidelberg. Steinkopff-Verlag, 1967.

JETTER, D.: Das europäische Hospital. Von der Spätantike bis 1800. Köln. DuMont, 1986.

JONES, D. M.: Recent advances in the study of performance in noise. In: Environment International, 16/1990.

JUANG, D. F. et al.: Noise pollution and its effects on medical care workers and patients in hospitals. In: International Journal of Environmental Science and Technology, 7/2010.

KLINK, K. B.; MEIS, M.: Schall- und Lärmwirkung. Grundlagen des Hörens, Schallwirkungen und Maßnahmen im Büroumfeld. Oldenburg. iba Industrieverband Büro und Arbeitswelt, 2017.

KLOEPFER, M. et al.: Leben mit Lärm?. Berlin. Springer Verlag, 2006.

KRACHT, J. M.; BUSCH-VISHNIAC, I. J.; WEST, J. E.: Noise in the operating rooms of Johns Hopkins Hospital. In: The Journal of the Acoustical Society of America, 121/2007.

KYRIAKIDES, K.; LEVENTHALL, G.: Some effects of infrasound on task performance. In: Journal of Sound and Vibration, 50/1977.

LANDSTRÖM, U.: Human effects of infrasound. <http://www.conforg.fr/internoise2000/cdrom/data/articles/000956.pdf>. Datum des Zugriffs: 10.Dezember.2019.

LANDSTRÖM, U.; LUNDSTRÖM, R.; BYSTRÖM, M.: Exposure to Infrasound — Perception and Changes in Wakefulness. In: Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control, 2/1983.

LAZARUS, H.: New methods for describing and assessing direct speech communication under disturbing conditions. In: *Environment International*, 16/1990.

LEIGHTON, T. G.: Are some people suffering as a result of increasing mass exposure of the public to ultrasound in air?. <https://doi.org/10.1098/rspa.2015.0624>. Datum des Zugriffs: 09.Dezember.2019.

LENARZ, T.; BOENNINGHAUS, H.-G.: *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*. Heidelberg. Springer Verlag, 2012.

LINDEN, M.: *Therapeutisches Milieu: Healing Environment in medizinischer Rehabilitation und stationärer Behandlung*. Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 2010.

LINDEN, M. et al.: Das ökologisch-therapeutische Milieu in der stationären Behandlung. In: *Psychotherapie, Psychosomatik, Medizinische Psychologie*, 56/2016.

LI, S. Y. et al.: Efficacy of controlling night-time noise and activities to improve patients' sleep quality in a surgical intensive care unit. In: *Journal of Clinical Nursing*, 20/2011.

MACKENZIE, D. J.; GALBRUN, L.: Noise levels and noise sources in acute care hospital wards. In: *Building Services Engineering Research and Technology*, 28/2007.

MACLEOD, M. et al.: Quieting Weinberg 5C: A case study in hospital noise control. In: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 121/2007.

MAHENDRA PRASHANTH, K. V.; VENUGOPALACHAR, S.: The possible influence of noise frequency components on the health of exposed industrial workers--a review. In: *Noise and Health*, 13/2011.

MAZER, S. E.: Assessing And Resolving Hospital Noise Issues. In: *Health Facilities Management Magazine*, 18/2005.

MCLAREN, E.; MAXWELL-ARMSTRONG, C.: Noise pollution on an acute surgical ward. In: *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 90/2008.

MELAMED, S.; LUZ, J.; GREEN, M. S.: Noise exposure, noise annoyance and their relation to psychological distress, accident and sickness absence among blue-collar workers--the Cordis Study. In: *Israel journal of medical sciences*, 28/1992.

MEYER, J.: *Erarbeitung einer betriebswirtschaftlichen Planungskonzeption für Krankenhäuser auf Basis eines patientenorientierten Ansatzes*. Braunschweig. Jörg Meyer, 1990.

MOORE, M. M. et al.: Interventions to reduce decibel levels on patient care units. In: *The American surgeon*, 64/1998.

- MORRELL, S.; TAYLOR, R.; LYLE, D.: A review of health effects of aircraft noise. In: Aust N Z J Public Health, 21/1997.
- MURPHY, G.; BERNARDO, A.; DALTON, J.: Quiet at night: implementing a nightingale principle. In: American Journal of Nursing, 113/2013.
- NEUFERT, E.: Bauentwurfslehre. Wiesbaden. Springer Verlag, 1996.
- NORTON, C. et al.: Improving sleep for patients in acute hospitals. In: Nursing Standard, 11/2015.
- OHLBAUM, M. K.: Mechanical Resonant Frequency of the Human Eye 'In Vivo'. Ohio. Aerospace Medical Research Laboratory, 1976.
- OKAI, O. et al.: Physiological parameters in human response to infrasound, Proceedings of the Conference on Low Frequency Noise and Hearing. Konferenzbericht. Aalborg. 1980.
- OLSON, S. L.: Bedside musical care: applications in pregnancy, childbirth, and neonatal care. In: Journal of Obstetric, Gynecologic, & Neonatal Nursing, 27/1998.
- OTENIO, M. H.; CREMER, E.; CLARO, E. M.: Noise level in a 222 bed hospital in the 18th health region-PR. In: Brazilian Journal of Otorhinolaryngology, 73/2007.
- PAPOUSCHEK, U.: Umstrukturierungen im Krankenhaus und ihre Auswirkungen auf die Arbeitsbedingungen. Forschungsbericht. Wien. 2011.
- PARRACK, H. O.: Effect of Air-Borne Ultrasound on Humans. In: International Journal of Audiology, 5/1966.
- PASSCHIER-VERMEER, W. et al.: Sleep disturbance and aircraft noise exposure - Exposure-effect relationships. TNO report. Leiden. TNO Prevention and Health, 2002.
- PECH, A.; PÖHN, C.: Bauphysik. Basel. Birkhäuser, 2018.
- PLOUZEAU, J. et al.: Vibrations in dynamic driving simulator: Study and implementation. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00844571/document/>. Datum des Zugriffs: 14.März.2020.
- POHL, R. O.; LÜDERS, K.: Pohls Einführung in die Physik - Band 1: Mechanik, Akustik und Wärmelehre. Berlin. Springer Verlag, 2017.
- PRESTERL, E. et al.: Gesundheitssystem-assoziierte Infektionen in Österreich 2015. https://www.sozialministerium.at/cms/site/attachments/6/1/8/CH3962/CM_S1499262064835/hai_bericht2015_web_20170330.pdf. Datum des Zugriffs: 02.August.2019.
- PRESTERL, E. et al.: Gesundheitssystem-assoziierte Infektionen in Österreich 2016. <https://www.sozialministerium.at/cms/site/attachments/6/1/8/CH3962/CM>

- S1499262064835/final_hai-bericht_2016_-_stand_04062018_(veroeffentlichung_2019).pdf. Datum des Zugriffs: 02.August.2019.
- PUGH, P. J.; GRIFFITHS, R.: Noise in critical care. In: Care of the critically ill, 23/2007.
- RICHARDSON, A. et al.: Development and implementation of a noise reduction intervention programme: a pre- and postaudit of three hospital wards. In: Journal of Clinical Nursing, 18/2009.
- ROFFWARG, H. P.; MUZIO, J. N.; DEMENT, W. C.: Ontogenic Development of the human sleep-dream cycle. In: Science, 152/1966.
- SCHMIDT, G.: Prozeßmanagement: Modelle und Methoden. Berlin. Springer Verlag, 2002.
- SCHMITT, R.; PFEIFER, T.: Qualitätsmanagement, Strategien - Methoden Techniken. München. Carl Hanser Verlag, 2010.
- SCHRADER, D.; SCHRADER, N.: Lärm auf Intensivstationen und dessen Auswirkungen auf Patienten und Personal. In: Intensiv: Fachzeitschrift für Intensivpflege und Anaesthesie, 9/2001.
- SCHULTE-FORTKAMP, B.: Lärm bzw. Schallwirkung auf den Menschen und die Notwendigkeit des Schallschutzes in Gebäuden. In: Bauphysik Kalender 2014, 2014.
- : Gesundheitliche Folgen von Schall. In: Effekte der Physik und ihre Anwendungen. Hrsg.: VON ARDENNE, M.; MUSIOL, G.; KLEMRADT, U.: Frankfurt am Main. Harry Deutsch GmbH, 2005.
- SHAPIRO, R. A.; BERLAND, T.: Noise in the Operating Room. In: The New England Journal of Medicine, 287/1972.
- SIEBIG, S. et al.: Lärm auf der Intensivstation. In: Anaesthesist, 58/2009.
- STANSFELD, S.; HAINES, M.; BROWN, B.: Noise and health in the urban environment. In: Rev Environ Health, 15/2000.
- STATISTIK AUSTRIA: Gestorbene insgesamt seit 1970 nach Todesursachen, absolut.
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/gesundheit/todesursachen/index.html. Datum des Zugriffs: 28.Oktober.2019.
- STATISTIK AUSTRIA: Umweltbedingungen, Umweltverhalten 2015.
http://www.laerminfo.at/dam/jcr:4a991352-bbc3-4667-9be1-d56f1bc4fcd3/projektbericht_umweltbedingungen_umweltverhalten_2015.pdf. Datum des Zugriffs: 19.Dezember.2019.
- STOKOWSKI, L. A.: The Inhospitable Hospital: No Peace, No Quiet. https://www.medscape.org/viewarticle/574813_1. Datum des Zugriffs: 28.November.2019.

THOMAS, K. P. et al.: Sleep rounds: a multidisciplinary approach to optimize sleep quality and satisfaction in hospitalized patients. In: Journal of Hospital Medicine, 7/2012.

TSURUTA, J. K. et al.: Therapeutic ultrasound as a potential male contraceptive: power, frequency and temperature required to deplete rat testes of meiotic cells and epididymides of sperm determined using a commercially available system. <https://doi.org/10.1186/1477-7827-10-7>. Datum des Zugriffs: 09.Dezember.2019.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY: Information On Levels Of Environmental Noise Requisite To Protect Public Health and Welfare With An Adequate Margin Of Safety. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiwmai0nujIAhXGwMQBHYPuAHAQFjAAegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fnepis.epa.gov%2FExe%2FZyPURL.cgi%3FDockey%3D2000L3LN.TXT&usg=AOvVaw1QYYnhpa-nOV7nvHHt2Hop>. Datum des Zugriffs: 13.November.2019.

VAN DE GLIND, I.; DE ROODE, S.; GOOSSENSSEN, A.: Do patients in hospitals benefit from single rooms? A literature review. In: Health Policy, 84/2007.

VON EIFF, W.; VON EIFF, M. C.: Healing Environment - Neuer architektonischer Ansatz: Heilungsfördernde Umgebung. <https://www.hcm-magazin.de/healing-environment/150/10994/203235/1>. Datum des Zugriffs: 02.August.2019.

WHO REGIONAL OFFICE FOR EUROPE: Night Noise Guidelines for Europe (A EURO Publication). wissenschaftlicher Bericht. Kopenhagen. WHO Regional Office for Europe, 2010.

WHO REGIONAL OFFICE FOR EUROPE: NOISE GUIDELINES for the European Region. Kopenhagen. WHO Regional Office for Europe, 2018.

WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 1. Wiesbaden. Vieweg&Sohn, 2006.

WILLEMS, W. M.; SCHILD, K.; DINTER, S.: Handbuch Bauphysik Teil 2. Wiesbaden. Vieweg, 2006.

WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: Formeln und Tabellen Bauphysik. Wiesbaden. Springer Verlag, 2018.

WILSON, C. et al.: Improving the Patient's Experience With a Multimodal Quiet-at-Night Initiative. In: Journal of Nursing Care Quality, 32/2017.

WIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH: WIRTSCHAFTSLAGE UND PROGNOSE - Wirtschaftswachstum, Bruttoinlandsprodukt. <https://wko.at/statistik/prognose/bip.pdf>. Datum des Zugriffs: 15.Juni.2019.

YODER, C. et al.: Noise and Sleep Among Adult Medical Inpatients: Far From a Quiet Night. In: Archives of Internal Medicine, 172/2012.

ZAPP, W.; DORENKAMP, A.: Prozessgestaltung im Krankenhaus. Heidelberg. Economica, 2002.

