



Ermittlung des Schallpegels in der Ferkelaufzucht mit Bezug zu Tier- und Arbeitsschutz

Abschlussbericht

PD Dr. Michaela Fels

Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie (ITTN)

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

Bischofsholer Damm 15 (Gebäude 116)

30173 Hannover



Inhaltsverzeichnis

1. Hintergrund des Projektes	3
2. Aufgabenstellung und Zielsetzung.....	4
3. Planung und Ablauf des Vorhabens	6
4. Ergebnisse	10
4.1 Grundlegende Erhebungen zum Schallpegel auf verschiedenen Betrieben	10
4.1.1 Ergebnisse der deskriptiven Auswertung	10
4.1.2 Ergebnisse der statistischen Auswertung	15
4.2 Schallpegelmessungen über den Verlauf der Aufzucht auf drei Betrieben	16
4.2.1 Ergebnisse der Schallpegelmessungen und Einflüsse auf den Schallpegel.....	16
4.2.2 Grundschallpegel im Abteil ohne Tiere	20
4.2.3. Frequenzanalyse des Schalls in den Abteilen.....	21
4.3 Schallpegelmessungen bei Maßnahmen mit zu erwartender Lärmbelastung	21
4.3.1. Schallpegel bei einzelnen Maßnahmen	21
4.3.2 Schallpegel bei einzelnen Ereignissen während der Maßnahmen	25
5. Diskussion der Ergebnisse	27
5.1 Schallpegel in den untersuchten Ferkelaufzuchtabteilen.....	27
5.2 Schallpegel bei besonderen Maßnahmen in der Ferkelaufzucht	32
6. Voraussichtlicher Nutzen der Ergebnisse	34
7. Aus dem Projekt hervorgegangene Publikationen	36
7.1 Fachbeiträge auf Konferenzen	36
8. Literaturverzeichnis	36

1. Hintergrund des Projektes

In den letzten Jahrzehnten hat im Zuge der Vergrößerung der Tierbestände, einhergehend mit zunehmender Automatisierung der landwirtschaftlichen Tierhaltung, die Schalleinwirkung auf Nutztiere in erheblichem Maße zugenommen. Während andere umweltassoziierte Parameter, wie das Stallklima (insbesondere Ammoniakgehalte, Temperatur und Luftfeuchte) oder die Lichtintensität, bereits heute zur tierschutzbezogenen Bewertung von Haltungssystemen zum Einsatz kommen, wurde der Schallpegel als Tierschutzindikator bisher weitgehend vernachlässigt. Dabei ist ein hoher Schallpegel in der Haltungsumwelt durchaus in der Lage, das Tierwohl zu beeinträchtigen. Zudem ist er unter Praxisbedingungen messbar (Talling et al., 1998; Schäffer et al., 2001).

Die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung formuliert einen konkreten Grenzwert für den Geräuschpegel in Schweineställen. So soll im Aufenthaltsbereich von Schweinen ein Schallpegel von 85 dB(A) nicht überschritten werden (TierSchNutzV, 2021). Eine Überprüfung des Schallpegels in Schweineställen hat jedoch noch keinen Eingang in die amtliche Kontrollroutine gefunden, was nicht zuletzt der kostenintensiven Messtechnik geschuldet ist, welche dafür benötigt wird. Zudem findet Lärm als Tierwohlintikator bisher generell wenig Beachtung. Dabei ist unstrittig, dass Lärm sowohl bei Nutztieren als auch bei den im Stall tätigen Menschen zu psychischen Belastungen, physiologischen Stressreaktionen (z. B. erhöhte Cortisolspiegel) sowie gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen kann (Broucek, 2014).

Grundsätzlich ist dabei zwischen Schall zu unterscheiden, der von den Tieren selbst stammt (z. B. Vokalisationen), und Schall, der von der Umgebung der Tiere ausgeht (Stephan, 1988). Hierbei wirken neben gleichmäßigen, meist niederfrequenten Geräuschen von Lüftungsanlagen innerhalb des Stalles auch Schallwirkungen aus der Umgebung, verursacht von Flugzeugen oder Straßenverkehr, auf die Tiere ein. Marschang (1978) definiert Lärm als jene Wirkung von Schallwellen, die eine psychische Belastung des Individuums auslöst und den Organismus schädigt. So treten beim Menschen bereits ab einem Schallpegel von 65 dB vegetative Reaktionen auf, wie Änderungen der Herzaktivität und Kreislaufstörungen. Der Schallpegel in Schweineställen hat somit nicht nur eine tierschutzrelevante Bedeutung, sondern ist auch hinsichtlich des Arbeitsschutzes ein entscheidender Parameter. Nicht verwunderlich ist daher die Ähnlichkeit der Vorgaben bezüglich Lärmschutz am Arbeitsplatz zu den Vorgaben für Schweineställe. In Deutschland beträgt der zulässige Höchstwert für einen achtstündigen Arbeitstag ebenfalls 85 dB(A). Oberhalb dieses Grenzwertes ist ein

Gehörschutz zu tragen (LärmVibrationsArBSchV, 2017). Lärminderungszielwerte liegen nach DIN EN ISO 11690 bei $< 80\text{dB(A)}$ in industriellen Arbeitsstätten sowie bei $< 55\text{dB(A)}$ für routinemäßige Büroarbeiten. Neben den typischen Stallgeräuschen, wie Lüftungs- und Fütterungstechnik sowie vokalisierenden Tieren, sind im Stall tätige Mitarbeiter/-innen auch kurzzeitigen, zum Teil stark erhöhten Schallpegeln ausgesetzt, wie beispielsweise beim Umstallen von Tieren oder bei der Durchführung zootechnischer Maßnahmen sowie bei Tierbehandlungen. Im Hinblick auf die im Stall lebenden Schweine ist zu beachten, dass diese 24 Stunden pro Tag in der Schallumgebung verbringen, und nicht – wie beim Menschen vorausgesetzt – lediglich 8 Stunden je Arbeitstag.

Doch welchem Schallpegel sind Schweine in heutigen Haltungssystemen sowie das dort tätige Personal überhaupt ausgesetzt? Aktuelle Daten zur Lärmbelastung in Schweineställen sind in der wissenschaftlichen Literatur kaum zu finden. Der überwiegende Teil der vorhandenen Daten stammt aus den 1970er bis 1990er Jahren. So weisen Talling et al. (1998) auf eine erhebliche Geräuschkulisse innerhalb des Stalles hin, der Schweine permanent ausgesetzt sind. Marquardt et al. (1998) ermittelten Grundsollpegel in einem Ferkelaufzuchtstall ohne Tiere von 67dB(A) . Im belegten Stall waren 87% der Schallereignisse höher als der Grundsollpegel, davon lagen 10% über 77dB(A) . Die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf heutige Haltungssysteme sollte jedoch, gerade im Hinblick auf die zunehmende Technisierung der Haltung, hinterfragt werden. Eigene, in den Jahren 2017 und 2018 durchgeführte Schallpegelmessungen in deutschen Mastbetrieben ergaben einen durchschnittlichen Lautstärkepegel (LA_{eq}) von $70,2 \pm 5,2\text{dB(A)}$ (Min $52,5$; Max $92,4\text{dB(A)}$) (Wegner et al., 2019). Auffällig war hier, dass die maximal gemessenen Werte durchaus den vorgegebenen Grenzwert von 85dB(A) überschritten. Für die Ferkelaufzucht, welche für das Erreichen hoher Schallpegel aufgrund der Bodengestaltung, der hohen Aktivität jüngerer Tiere sowie der Lüftungs- und Fütterungstechnik geradezu prädisponiert ist, lagen bisher keine aktuellen Daten vor. Diese Lücke sollte mit diesem Forschungsprojekt geschlossen werden.

2. Aufgabenstellung und Zielsetzung

Der Fokus dieser Studie lag in der Ferkelaufzucht im Flatdeck. Es sollte ein Überblick über die Schallpegel auf verschiedenen Ferkelaufzuchtbetrieben gewonnen werden, um letztlich darzustellen, welchem Lärm Schweine sowie das Stallpersonal in aktuellen Haltungssystemen täglich ausgesetzt sind. Dafür erfolgten Schallpegelmessungen in dB(A) sowie eine Darstellung der vorhandenen Frequenzen in Hz. Somit konnten zum einen die Einhaltung des in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung vorgegebenen Grenzwertes von 85dB(A) für Schweineställe beurteilt und zum anderen das in den Ställen vorhandene Frequenzspektrum

des Schalls ermittelt werden. Des Weiteren sollten Zusammenhänge zwischen dem Schallpegel und verschiedenen Parametern wie Haltungsform oder Tierverhalten ermittelt werden. Zudem wurden gezielt Schallpegelmessungen in Situationen mit zu erwartender Lärmbelastung für Tier und Mensch (z. B. zootecnische Maßnahmen) durchgeführt, um diese Situationen hinsichtlich des Tier- und Arbeitsschutzes zu bewerten. Das Ziel der Studie bestand somit darin, repräsentative Daten zur Geräuschbelastung in heutigen Ferkelaufzuchtställen in Deutschland zu generieren, den Ursprung von Lärmbelastungen zu ermitteln und – wenn nötig – Verbesserungspotenziale im Sinne des Tier- und Arbeitsschutzes aufzuzeigen.

Folgende Aufgabenstellungen wurden im Einzelnen bearbeitet:

- Durchführung grundlegender Erhebungen zum Schallpegel auf insgesamt 15 Ferkelaufzuchtbetrieben in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen (Einbeziehung verschiedener Haltungssysteme, d. h. konventionell und ökologisch).
- Intensive Messungen des Schallpegels über den Zeitverlauf der Aufzucht auf drei ausgewählten Betrieben mit identischem und für die konventionelle Haltung in Deutschland repräsentativem Haltungssystem und gleicher Genetik der Schweine. Es wurden dabei Lautstärken (dB(A)) in verschiedenen Altersgruppen (Beginn, Mitte und Ende der Haltungsperiode im Aufzuchtstall) und zu verschiedenen Tageszeiten erfasst sowie besondere Effekte auf den Schallpegel, bedingt durch Stalltechnik, Stallklima oder Tierverhalten, ermittelt. Des Weiteren erfolgte eine Darstellung des Frequenzspektrums des Schalls in den Ställen, auch unter Einbeziehung des vom Schwein hörbaren Ultraschallbereichs.
- Durchführung von Schallpegelmessungen bei Ereignissen mit zu erwartender Lärmbelastung für Tier und Mensch auf drei Betrieben. Hierzu gehörten die Durchführung zootecnischer Maßnahmen (z. B. Kupieren der Schwänze und Kastration), Tierbehandlungen oder Impfungen sowie bestimmte Managementmaßnahmen wie das Umtreiben der Tiere (z. B. bei Ein- oder Ausstallung). Hierbei sollte insbesondere der Schallpegel im Bereich des menschlichen Ohres zur Beurteilung des Arbeitsschutzes ermittelt werden.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Projektlaufzeit umfasste den Zeitraum vom 01.06.2021 bis zum 30.11.2022. Es erfolgte zunächst eine wissenschaftliche Literaturrecherche zum Thema „Lärm in der Schweinehaltung“. Anschließend wurde die praktische Durchführung des Projekts vorbereitet, indem Messprotokolle für die Schallpegelmessungen und Ethogramme für die Verhaltensbeobachtungen erstellt wurden. Zudem wurde ein Formular mit Hinweisen zum Datenschutz entworfen, welches vor Beginn der Untersuchungen von den verantwortlichen Personen der teilnehmenden Betriebe zu unterzeichnen war. Nach Fertigstellung der Messprotokolle und Ethogramme wurde eine Liste von Betrieben als potenzielle Teilnehmer der Studie erstellt. Diese Betriebe wurden anschließend kontaktiert und bei Zusage besucht.

Die Praxisphase Teil 1 begann mit dem ersten Betriebsbesuch am 15.07.2021 und endete mit dem letzten Betriebsbesuch am 01.10.2021. Im Rahmen der Praxisphase Teil 1 wurden insgesamt 15 Betriebe besucht. Die Betriebe wurden so ausgewählt, dass unterschiedliche Haltungssysteme, Lüftungs- und Fütterungstechniken berücksichtigt wurden. Pro Betrieb fand ein Messtag statt, wobei in den Stallabteilen über Zeiträume von jeweils 10 Minuten zu verschiedenen Tageszeiten der Schallpegel gemessen wurde. Gleichzeitig wurde das im Abteil vorherrschende Tierverhalten (Aktivität) nach dem entwickelten Ethogramm auf Gruppenbasis dokumentiert. Dabei wurde ermittelt, ob keine Aktivität der Tiere im Abteil vorlag, alle Tiere aktiv waren, weniger als 50%, etwa 50% oder mehr als 50% der Tiere im Abteil Aktivitätsverhalten zeigten. Die Aktivität war dabei definiert als Bewegungs- und Erkundungsverhalten. Es fanden über den Tag verteilte Messungen auf den Betrieben statt, um auch Einflüsse der Tageszeit auf den Schallpegel zu berücksichtigen. Auf jedem Betrieb wurden hierfür 10 Messungen vormittags und 10 Messungen nachmittags angestrebt. Auf drei Betrieben konnte außerdem der Grundschallpegel in Abteilen ohne Tiere bei eingeschalteter Lüftung gemessen werden, da zum Besuchszeitpunkt leere Abteile vorhanden waren. Gemessen wurde mit dem Audio- und Akustik-Analyzer NTI Audio XL 2 M4261, NTI Audio, Schaan, Liechtenstein. Dabei wurden die Maximal- und Minimalpegel in dB(A), die während der Messungen auftraten, erfasst. Gemessen wurde zudem der äquivalente Dauerschallpegel, d.h. die über den Zeitbereich (je 10 Minuten) gemittelte Lautstärke im Stallabteil. Besondere Schallereignisse, wie beispielsweise die Fütterung, wurden gesondert erfasst und dokumentiert. Die durch den Audio- und Akustik-Analyzer jeweils angezeigten Messwerte sind in Abbildung 1 dargestellt. Die Praxisphase Teil 1 diente der grundlegenden Ermittlung von Schallpegeln auf verschiedenen Betrieben mit unterschiedlichen Haltungssystemen.



Abb. 1: Beispielhaft ermittelte Messwerte in der Anzeige des Audio- und Akustik-Analyzers NTI Audio XL 2 M4261, NTI Audio, Schaan, Liechtenstein und zugehörige Definitionen.

Die Praxisphase Teil 2 begann mit dem ersten Betriebsbesuch am 11.12.2021 und endete mit dem letzten Betriebsbesuch am 27.05.2022. Die Praxisphase Teil 2 umfasste detaillierte Bestimmungen des Schallpegels in drei Ferkelaufzuchtbetrieben mit gleicher Genetik und für die konventionelle Haltung repräsentativer Haltungstechnik. Die Betriebe verfügten jeweils über etwa 350 Sauen- und 1500 Aufzuchtplätze. Pro Betrieb fanden jeweils zwei Messtage zu Beginn der Haltungsperiode (nach der Einstallung der Absetzferkel), in der Mitte der Haltungsperiode und zum Ende der Haltungsperiode (vor der Umstallung in die Mast) statt. Pro Betrieb ergaben sich somit sechs Messtage. Es erfolgten im 15-Minuten-Takt Schallpegelmessungen in einem Abteil des Betriebs, bei denen zeitgleich Erhebungen zum Verhalten der Tiere durchgeführt wurden, um eventuelle Effekte des Tierverhaltens auf den Schallpegel zu ermitteln. Pro Messtag erfolgten Schallpegelmessungen in zwei Abteilen. Zur Ermittlung der Aktivität wurde zunächst dasselbe Ethogramm genutzt, welches zuvor bei der grundlegenden Erhebung auf 15 Betrieben eingesetzt wurde. Analog zur Aktivität wurde der Anteil fressender Tiere separat erfasst, wobei auch hier die Einteilung 0%, < 50%, 50%, >50% und 100% gewählt wurde. Zusätzlich wurde die Lautstärke der Vokalisationen der Tiere anhand eines Scores von 0 (still) bis 3 (sehr laut) dokumentiert. Des Weiteren erfolgte eine Bestimmung der gemessenen Frequenzen des Schalls unter Einbeziehung des Ultraschallbereiches (Songmeter SM2+, Wildlife Acoustics, Inc. Concord, Massachusetts). Hierzu wurde das Songmeter auf den drei Betrieben für jeweils 24 Stunden in einem repräsentativen Aufzuchtteil platziert (Abb. 2). Dabei wurde der Frequenzbereich des Schalls kontinuierlich aufgezeichnet und gespeichert, so dass die gemessenen Frequenzen im Nachhinein ausgewertet und dargestellt werden konnten. Zudem wurden Untersuchungen zum Stallklima durchgeführt, um auch diesen potenziellen Einflussfaktor einzubeziehen. Pro Messtag wurden in einem Abteil verschiedene Stallklimaparameter erhoben. Temperatur und

relative Luftfeuchte wurden mittels Datenlogger (Testo 174 H, Testo SE & Co. KGaA, Titisee-Neustadt, Deutschland) erfasst. Die Konzentrationen an Ammoniak (NH_3) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) wurden mit speziellen Prüfröhrchen (Dräger X-am@5600, Dräger, Lübeck, Deutschland) ermittelt. Die Messung der Luftgeschwindigkeit erfolgte mit einem Thermo-Anemometer (Testo 405-V1, Testo SE & Co. KGaA, Titisee-Neustadt, Deutschland). Mit einem Luxmeter (TES-1336A, TES Electrical Electronic Corp., Taipei, Taiwan) wurde die Beleuchtungsstärke in jedem Abteil gemessen. Die Lüftungsrate in den Abteilen als potenzielle Ursache für unterschiedliche Schallpegel wurde ebenfalls tagesaktuell erhoben. In jedem der drei Betriebe wurde auch der Grundscharpegel in einem Abteil ohne Tiere bei eingeschalteter Lüftung gemessen (Abb. 3).



Abb. 2: Position des Songmeters zur Schallpegel- und Frequenzmessung in einem Abteil.



Abb. 3: Position des Mikrofons in einem Abteil zur Messung des Grundscharpegels.

Die Praxisphase Teil 3 fand auf denselben drei Betrieben statt, in denen auch die intensiven Schallpegelmessungen der Praxisphase Teil 2 erfolgten. Dieser Teil der Studie umfasste den Zeitraum vom 09.03.2022 bis zum 11.05.2022. In der Praxisphase Teil 3 sollten besondere Schallereignisse mit zu erwartender Lärmbelastung für Tier und Mensch identifiziert und hinsichtlich der auftretenden Schallpegel quantifiziert werden. Hierzu erfolgte zunächst eine Befragung der Landwirte auf den Betrieben, um herauszufinden, welche Lärmsituationen von dem dort tätigen Stallpersonal als besonders belastend empfunden werden. Anschließend wurden auf den drei Betrieben Schallpegelmessungen in Situationen mit zu erwartender Lärmbelastung durchgeführt. Jeder Betrieb wurde zu diesem Zweck an mehreren Tagen besucht, an denen verschiedene arbeits- und zootecnische Maßnahmen durchgeführt wurden. Im Einzelnen erfolgten die Schallpegelmessungen bei den folgenden Maßnahmen: *Impfen, Einstallen und Ausstallen von Aufzuchtferkeln, Absetzen von Ferkeln, Austreiben von Sauen aus dem Abferkelstall, Betäuben und Kastrieren männlicher Ferkel sowie Zähneschleifen und Kupieren der Schwänze bei Ferkeln*. Dabei wurden sowohl der Umgebungslärm als auch der tierisch erzeugte Lärm erfasst. Hierzu wurde das Stallpersonal direkt begleitet, und alle Messungen erfolgten im Sinne des Arbeitsschutzes auf Kopfhöhe des Personals. Als Messinstrument diente wiederum der Audio- und Akustik-Analyzer NTI Audio XL 2 M4261, NTI Audio, Schaan, Liechtenstein.

Während einer Maßnahme erfolgte jeweils eine kontinuierliche Messung des Schallpegels. Während dieser Messungen wurden zudem Zwischenmessungen durchgeführt, bei denen jeweils während einer Maßnahme die aktuellen Messwerte des Audio- und Akustik- Analyzers händisch dokumentiert wurden. Hierdurch wurde eine weitere Untergliederung der Maßnahmen in verschiedene Schallereignisse erreicht. In die Auswertung des Schallpegels wurden wiederum unterschiedliche Schallmesswerte einbezogen. Während LAeq (Level-A weighted-equivalent) den über die Zeit gemittelten Schallpegel angibt, liefern LAFmax (Level-A weighted fast maximum) und LAFmin (Level-A weighted fast minimum) die entsprechenden Extremwerte der Messzeit. Da LAFmax lediglich den höchsten gemessenen Schallpegel, nicht aber plötzlich auftretende Druckspitzen angibt, ist letztlich auch noch der genau hierfür zuständige Wert LCPK (Level-C peak) angegeben. Dieser misst den Höchstschalldruckpegel im C-Frequenzbereich und kann somit auch kurzzeitige Spitzenpegel über 100 dB wiedergeben. Zur späteren Auswertung des Schallpegels bei den nur kurz andauernden Zwischenmessungen wurde insbesondere der LAF-Wert genutzt, welcher den tatsächlichen Schalldruckpegel zu einem bestimmten Zeitpunkt angibt.

An die Praxisphase Teil 3 schlossen sich die Aufbereitung der Daten, deren statistische Auswertung sowie die Interpretation der Ergebnisse an. Die Erfassung und Aufarbeitung der Daten erfolgte mit Hilfe des Programmes Microsoft Excel für Office 365 MSO 32-Bit (Microsoft Corporation, WA, USA). Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm R (R Core Team, 2021) durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts befindet sich die erste wissenschaftliche Publikation der Ergebnisse in Bearbeitung. Die erste öffentliche Präsentation der Ergebnisse erfolgte als Vortrag auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde (DGfZ) und der Gesellschaft für Tierzuchtwissenschaften e. V. (GfT) am 22.09.2022 an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Der Projektverlauf gestaltete sich planmäßig. Der veranschlagte Gesamtzeitplan wurde eingehalten, und das Projekt wurde in der vorgesehenen Projektlaufzeit erfolgreich abgeschlossen.

4. Ergebnisse

4.1 Grundlegende Erhebungen zum Schallpegel auf verschiedenen Betrieben

4.1.1 Ergebnisse der deskriptiven Auswertung

Insgesamt erfolgten Schallpegelmessungen auf 15 Betrieben. Die meisten Betrieben hielten die Aufzuchtferkel entweder konventionell auf Vollspaltenböden aus Kunststoff (n = 4 Betriebe) oder auf Teilspaltenböden, welche aus Kunststoffspalten und einer planbefestigten Betonfläche bestanden (n = 7 Betriebe). Ein Betrieb verfügte über erhöhte Ebenen im Ferkelaufzuchtstall mit Kunststoffspaltenboden. Eine reine Strohhaltung war ebenfalls auf einem Betrieb (Neuland) vorhanden. Drei Betriebe verfügten über eine Hüttenhaltung mit Stroheinstreu. Tabelle 1 gibt einen allgemeinen Überblick über die Betriebe.

Die mittlere Säugedauer auf allen Betrieben betrug $27,6 \pm 6,5$ Tage (Minimum: 21 Tage; Maximum: 49 Tage). Das mittlere Absetzgewicht der Ferkel betrug $7,7 \pm 2,7$ kg (Minimum: 6 kg; Maximum: 18 kg). Weitere Kenngrößen der Betriebe sind in Tabelle 2 dargestellt.

Über alle Betriebe wurde ein mittlerer Schallpegel $L_{Aeq} = 61,76 \pm 7,26$ dB(A) gemessen. Das Minimum betrug $L_{Aeq} = 38,6$ dB(A), und das Maximum lag bei $L_{Aeq} = 76,0$ dB(A). Betrachtet man die L_{AFmin}/max -Werte, welche die absoluten Minima und Maxima während der Messungen wiedergeben, ergaben sich im Mittel als Minimum $L_{AFmin} = 40,72$ dB(A) und als Maximum $L_{AFmax} = 82,98$ dB(A).

Tabelle 1: Eigenschaften der 15 Betriebe, in denen Schallpegel gemessen wurden.

Betrieb	Betriebsform	Betriebsgröße	Anzahl Abteile Aufzucht	Wochenrhythmus	Genetik	Lüftung
1	Neuland (Stroh + Hütten mit Stroh))	<1000	3	3	DexDexPi	keine/Zentralabsaugung
2	Konventionell Hütten (Stroh)	>1000	3	3	BHZP Viktoria Siegfried	keine
3	konventionell	>1000	6	3	Topigs TN 70 x SNW Piertrain Select	Türganglüftung
4	konventionell	>1000	12	1	Danzucht x Pic 408	Futterganglüftung
5	konventionell	>1000	16	3	Danzucht x Pi	Porendeckenlüftung
6	konventionell	>1000	12	1	Topigs TN 70	Porendeckenlüftung
7	konventionell	>1000	4	2	Topigs TN 70	Rieselkanallüftung
8	konventionell	>1000	12	3	Topigs TN 70	Rieselkanallüftung
9	konventionell	>1000	8	2	Topigs TN 70	Rieselkanallüftung
10	konventionell	>1000	9	3	Danzucht x Pic 408	Türganglüftung
11	konventionell	>1000	4	3	Topigs TN 70 x P select	Rieselkanallüftung
12	konventionell	>1000	4	4	BHZP Viktoria x Piertrain 77	Porendeckenlüftung
13	Freiland mit Hütten (Stroh)	>1000	3	7	Topigs TN 70	keine
14	konventionell (erhöhte Ebene)	>1000	9	1	Topigs TN 70	Türganglüftung
15	konventionell	>1000	6	3	Danzucht	Porendeckenlüftung

Tabelle 2: Kenngrößen der 15 Betriebe, in denen Schallpegelmessungen stattfanden.

Variable	Min	Max	Mittel	Median	Standardabweichung
Abteilgröße_m ²	31.89	192.00	87.63	71.70	46.42
Buchtengröße_m ²	8.00	44.25	17.72	16.00	8.71
Tierzahl_Bucht	0.00	70.00	35.89	33.00	13.64
Anzahl Tiere pro Abteil	0.00	544.00	183.49	160.00	123.26
m ² pro Tier	0.24	1.58	0.51	0.41	0.25

Somit blieben die Mittelwerte der gemessenen Schallpegel auf 15 Betrieben unter der in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung vorgegebenen Grenze von 85 dB(A). Die auf den Betrieben ermittelten Werte für den äquivalenten Dauerschallpegel LAeq sind in Abbildung 4 dargestellt. Bemerkenswert ist, dass durchaus Unterschiede zwischen den Betrieben im gemessenen Schallpegel bestanden, die im Folgenden näher beleuchtet werden.

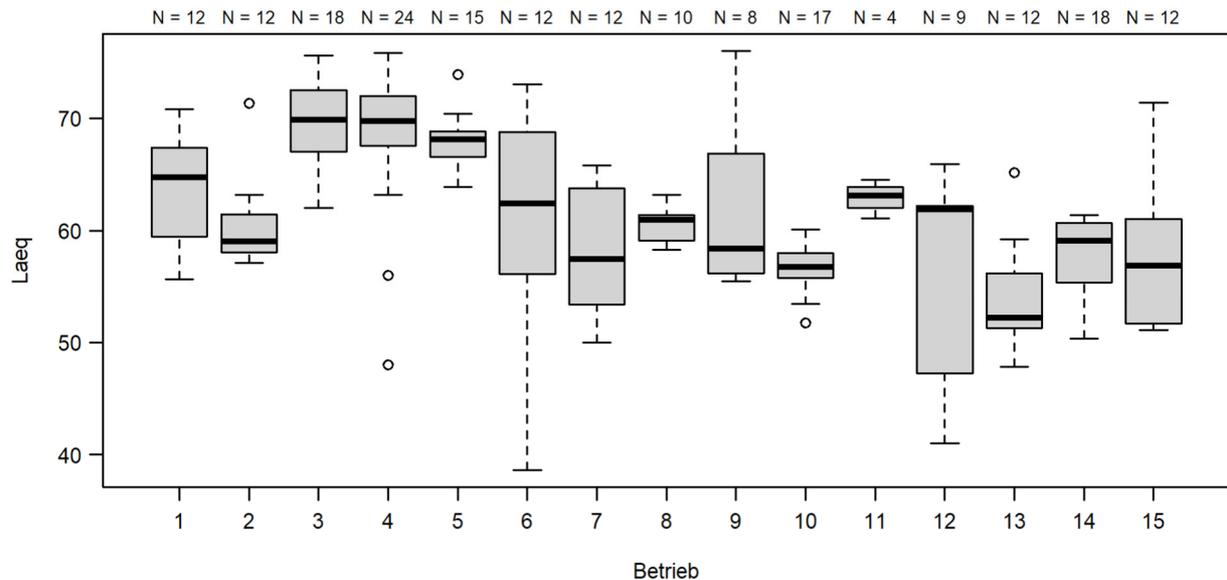


Abb. 4: Mittlerer äquivalenter Dauerschallpegel in dB(A) auf 15 Betrieben. (N = Anzahl der Schallpegelmessungen pro Betrieb).

Im Vergleich zur konventionellen Haltung auf Spaltenboden fiel bei Hüttenhaltung mit Stroh ein niedrigerer Schallpegel auf (Abb. 5). Eine Unterteilung der konventionellen Haltung in Vollspaltenboden aus Kunststoff, Teilspaltenboden aus Kunststoff und Beton und Installation einer erhöhten Ebene mit und auf Kunststoffspaltenboden ergab zunächst niedrigere Schallpegel bei Teilspaltenboden als bei Vollspaltenboden. Außerdem wies auch der Stall mit erhöhten Ebenen geringere Schallpegel auf als andere Betriebe mit konventionellen Haltungssystemen (Abb. 6).

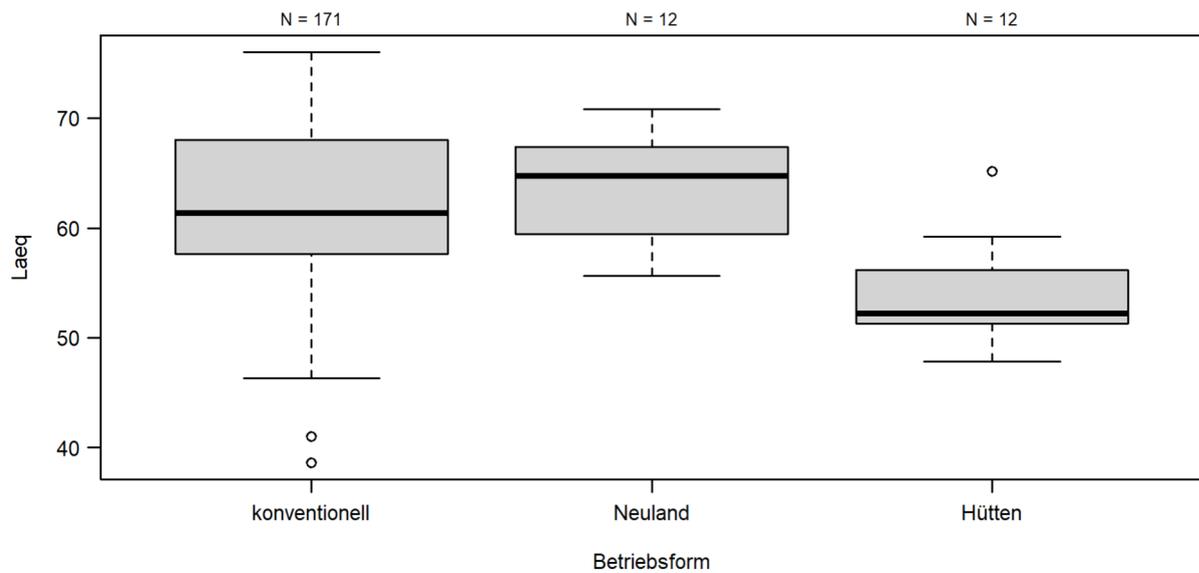


Abb. 5: Mittlerer äquivalenter Dauerschallpegel in dB(A) in konventioneller Haltung mit Voll- bzw. Teilspaltenboden, Neuland-Haltung mit Stroh und Hüttenhaltung mit Stroh. (N = Anzahl der Schallpegelmessungen).

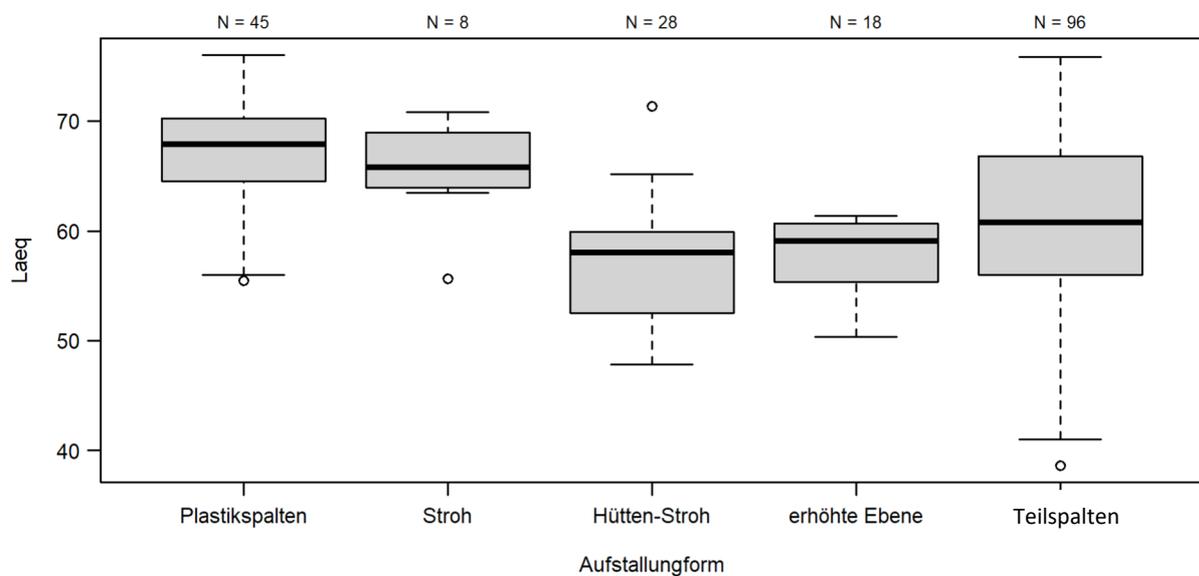


Abb. 6: Mittlerer äquivalenter Dauerschallpegel in dB(A) in Abhängigkeit der Bodengestaltung. (N = Anzahl der Schallpegelmessungen).

Die Anzahl der Buchten pro Abteil zeigte keinen eindeutigen Einfluss auf die Schallpegel der untersuchten Betriebe (Abb. 7). Die Aktivität im Abteil zeigte in der deskriptiven Auswertung einen Einfluss auf den Schallpegel mit höheren Werten bei zunehmender Aktivität der Ferkel im Abteil (Abb. 8).

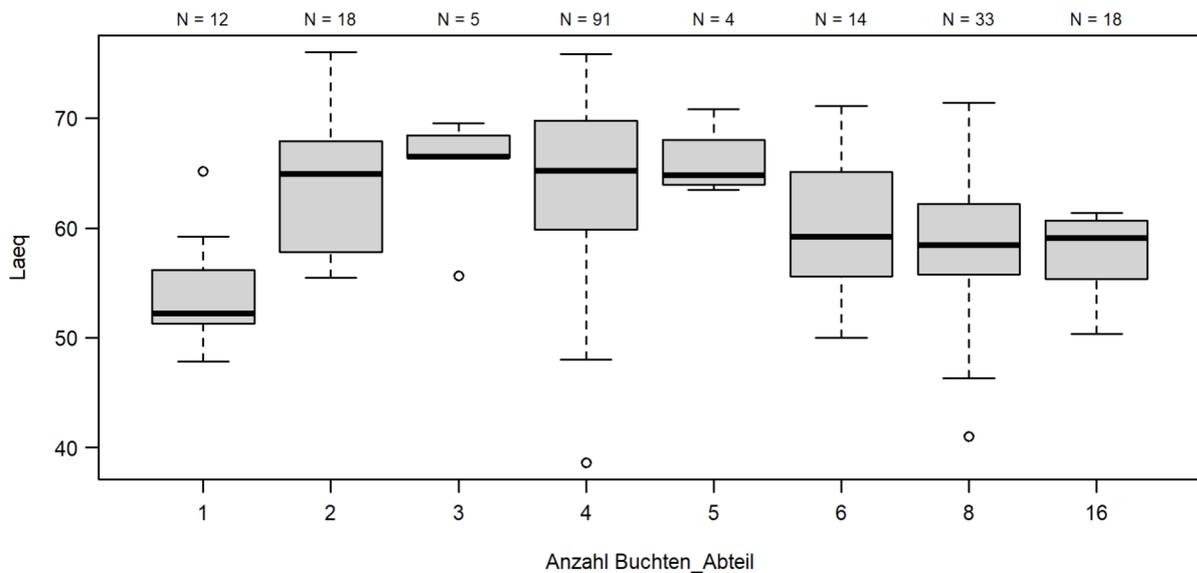


Abb. 7: Mittlerer äquivalenter Dauerschallpegel in dB(A) in Abhängigkeit der Anzahl der Buchten pro Abteil über alle Betriebe. (N = Anzahl der Schallpegelmessungen).

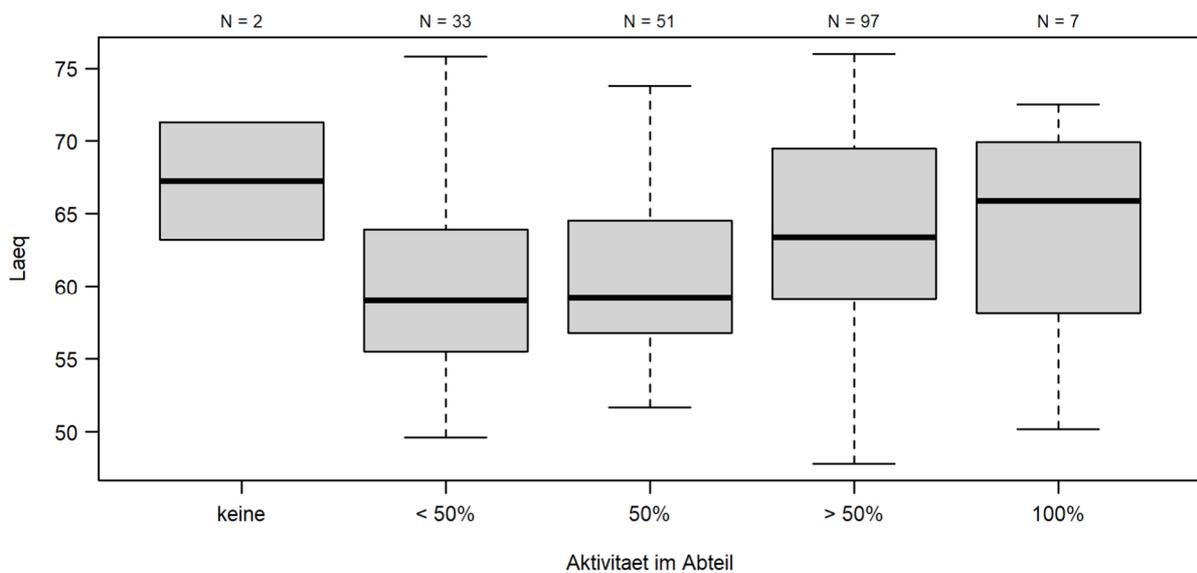


Abb. 8: Mittlerer äquivalenter Dauerschallpegel in dB(A) in Abhängigkeit des prozentualen Anteils aktiver Ferkel im Abteil über alle Betriebe. (N = Anzahl der Schallpegelmessungen).

Da in der Literatur ein Effekt mechanischer Lüftungsanlagen auf den Schallpegel in Schweineställen beschrieben ist (Kropsch und Lechner, 2013), werden im Folgenden die gemessenen Schallpegel in Abhängigkeit des Lüftungssystems veranschaulicht (Tab. 3). Dabei zeigt sich, dass die Schallpegel mit durchschnittlich 57,5 dB(A) in Ställen ohne mechanische Lüftung am geringsten waren. Am lautesten erwiesen sich Ställe mit Futterganglüftung (68,6 dB(A)).

Tabelle 3: Schallpegelmesswerte (LAeq in dB(A)) in Abhängigkeit des Lüftungssystems über alle Betriebe.

Lüftung	N	Min	Max	Mittel	Median	Standardabweichung
Türganglüftung	53	50.3	75.6	61.4	59.7	6.7
Porendeckelüftung	48	38.6	73.9	61.6	63.6	8.5
Rieselkanallüftung	34	50.0	76.0	60.2	60.4	5.2
Futterganglüftung	24	48.0	75.8	68.6	69.7	6.0
Zentralabsaugung	8	55.7	70.8	65.4	65.8	4.7
keine	28	47.8	71.3	57.5	58.1	5.2

4.1.2 Ergebnisse der statistischen Auswertung

Der gemittelte äquivalente Dauerschallpegel (LAeq) wurde mit Hilfe eines gemischten linearen Modells in Abhängigkeit mehrerer Einflussgrößen (siehe Modellergebnisse) einschließlich der Interaktion zwischen Altersgruppe und Geschlecht modelliert. Dabei wurde das Abteil als ein im Betrieb geschachtelter zufälliger Effekt berücksichtigt. Aufgrund nicht unerheblicher Multikollinearität der vielen erhobenen Parameter konnten nicht alle interessierenden Einflussgrößen im Modell betrachtet werden. Dieses Problem betrifft in erster Linie betriebspezifische Ausstattungen wie Fütterungssystem, Tränke und Beschäftigungsmaterial. Tabelle 4 veranschaulicht die Ergebnisse des statistischen Modells.

Statistisch signifikante Einflüsse auf den Schallpegel zeigten lediglich die Parameter „Aktivität im Abteil“ ($p = 0,023$) und „Altersgruppe“ ($p = 0,010$). So erhöhte sich der Schallpegel über alle Betriebe signifikant, wenn mehr als 50% der Ferkel im Abteil aktiv waren im Vergleich zu einer Situation, in der weniger als 50% der Ferkel im Abteil aktiv waren. In der Altersgruppe „4. Woche“ war der Schallpegel signifikant geringer als direkt nach dem Absetzen. Alle übrigen in Tabelle 4 aufgeführten Parameter beeinflussten die Schallpegelmesswerte nicht statistisch signifikant.

Tabelle 4: Ergebnisse des gemischten linearen Modells für den äquivalenten Dauerschallpegel (LAeq) der 15 Betriebe.

	Schätzer	Std. fehler	df	t-Wert	p-Wert
(Intercept)	61.813	4.721	30.754	13.092	$4.100 \cdot 10^{-14}$
Betriebsform (alternativ)	-1.420	6.727	10.406	-0.211	0.837
Aufstallungsform (Stroh)	-2.797	7.053	14.530	-0.397	0.697
Aufstallungsform (erhöhte Ebene)	-6.430	7.435	16.926	-0.865	0.399
Aufstallungsform (gemischt Kunststoff- und Betonspalten)	-4.205	3.410	9.865	-1.233	0.246
Aktivitaet im Abteil (50%)	1.496	1.143	152.024	1.308	0.193
Aktivitaet im Abteil (> 50%)	2.473	1.079	157.582	2.292	0.023
Anzahl Tiere pro Abteil	0.002	0.012	89.724	0.132	0.895
Quadratmeter pro Tier	0.009	3.100	39.340	0.003	0.998
Tageszeit (Nachmittag)	-0.686	0.744	103.984	-0.922	0.359
Störgeräusch vorhanden	1.365	1.429	156.804	0.955	0.341
Lüftung	2.392	3.000	23.828	0.797	0.433
Altersgruppe (4. Woche)	-4.893	1.874	128.665	-2.611	0.010
Altersgruppe (5. Woche)	-0.700	1.870	138.286	-0.374	0.709
Altersgruppe (6. Woche)	-0.694	1.537	130.977	-0.451	0.652
Altersgruppe (7. Woche)	-0.218	1.815	128.082	-0.120	0.905
Altersgruppe (8. Woche)	-1.181	1.594	134.409	-0.741	0.460
Altersgruppe (9. Woche)	0.115	1.637	146.127	0.070	0.944
Altersgruppe (10. Woche)	-0.636	1.814	119.849	-0.351	0.726
Geschlecht_Bucht (nicht gemischt)	-7.755	3.734	16.319	-2.077	0.054

4.2 Schallpegelmessungen über den Verlauf der Aufzucht auf drei Betrieben

4.2.1 Ergebnisse der Schallpegelmessungen und Einflüsse auf den Schallpegel

Auf drei Betrieben erfolgten wiederholte Schallpegelmessungen über den Verlauf der Aufzucht. Die Betriebe wurden so gewählt, dass Gestaltung und Management möglichst ähnlich waren. Insbesondere wurde auf eine einheitliche Abteilgröße (Tab. 5) und Genetik der Tiere (Topigs Norsvin) geachtet.

Die in den Ställen über den Verlauf der Aufzucht ermittelten Schallpegel LAeq blieben mit einem Mittelwert von $67,1 \pm 3,9$ dB(A) deutlich unter dem Grenzwert von 85 dB(A). Betrachtet man den LAFmax, welcher kurzzeitige Schallspitzen repräsentiert, so fällt ein Überschreiten

der Grenze von 85 dB(A) auf. Hier wurde im Mittel ein Wert von $88,1 \pm 5,8$ dB(A) erreicht (Tab. 6).

Tabelle 5: Abteilgrößen (m²) der drei ausgewählten Betriebe.

Betrieb	Min	Max	Median	Mittel	Standardabweichung
a	128	130	128.5	128.7	0.7
b	125	129	127.0	126.8	1.5
c	128	130	129.0	129.1	0.4

Tabelle 6: Ermittelte Schallpegelmesswerte auf den drei ausgewählten Betrieben. (N = Anzahl der Messungen).

Variable	Betrieb	N	Min	Max	Median	Mittel	Standardabweichung
LAFmin	a	144	36.8	64.7	51.6	49.9	5.90
	b	138	36.0	64.7	50.9	51.0	5.39
	c	144	24.1	60.2	50.1	49.8	5.59
			426	24.1	64.7	50.7	50.2
LAFmax	a	142	71.0	102.4	89.6	88.6	6.19
	b	143	78.1	101.2	88.0	88.8	5.13
	c	144	72.6	99.8	87.7	86.8	5.78
			429	71.0	102.4	88.2	88.1
LAeq	a	144	49.4	73.7	68.8	67.8	4.14
	b	144	62.1	75.8	68.4	68.5	2.33
	c	144	52.1	75.6	65.5	64.8	3.89
			432	49.4	75.8	67.9	67.1

Die weitere statistische Auswertung der Daten zum LAeq erfolgte durch ein gemischtes lineares Modell, wobei der Betrieb und die Messungs-ID als zufällige Effekte berücksichtigt wurden. Da pro Messung über eine Stunde stets vier Beobachtungen festgehalten wurden, wurde eine Variable 'Messungs-ID' eingeführt, welche angibt, welche vier Beobachtungen zusammengehören, also in derselben Stunde gemessen wurden. Anhand dieser Variable können in den Modellen Situationseffekte berücksichtigt werden. Die Modellergebnisse (Tab. 7) zeigen, dass bei einer höheren Luftfeuchtigkeit im Abteil, bei höherem Alter der Tiere, einer höheren Aktivität der Tiere und bei lauter Vokalisation der Tiere der Schallpegel statistisch signifikant anstieg ($p < 0,05$). Bei höheren Lux-Werten fiel der erwartete Schallpegel signifikant niedriger aus. Die Lüftungsrate, die Tageszeit sowie die Anzahl der Tiere im Abteil beeinflussten den äquivalenten Dauerschallpegel auf den Betrieben nicht signifikant ($p > 0,05$).

Tabelle 7: Ergebnisse des gemischten linearen Modells zum LAeq (dB(A)) auf drei Betrieben.
N = 432 Messungen.

	Schätzer	Std. fehler	df	t-Wert	p-Wert
(Intercept)	76.412	35.492	93.277	2.153	0.034
Lüftungsrate [%] = (60,80]	1.031	0.698	98.772	1.478	0.143
Luftfeuchte	0.100	0.045	99.107	2.202	0.030
Licht Lux	-0.056	0.021	100.529	-2.607	0.011
Tageszeiten = 13:00 - 16:00	0.118	0.472	134.462	0.249	0.804
Alter der Tiere in Wochen = 7	2.844	0.640	98.294	4.442	<0.0001
Alter der Tiere in Wochen = 10	1.782	0.817	97.495	2.181	0.032
mind. 50% Aktivität = ja	1.052	0.245	395.649	4.296	<0.0001
Vokalisation = mittel	0.618	0.285	358.433	2.171	0.031
Anzahl der Tiere im Abteil	-0.103	0.269	92.793	-0.385	0.701

Abbildung 9 zeigt die gemessenen Schallpegel LAFmin, LAFmax und LAeq in dB(A) abhängig vom Alter der Ferkel über alle drei Betriebe. Auffällig ist insbesondere eine Erhöhung des Schallpegels von der 4. Lebenswoche bis zur 7. Lebenswoche der Ferkel.

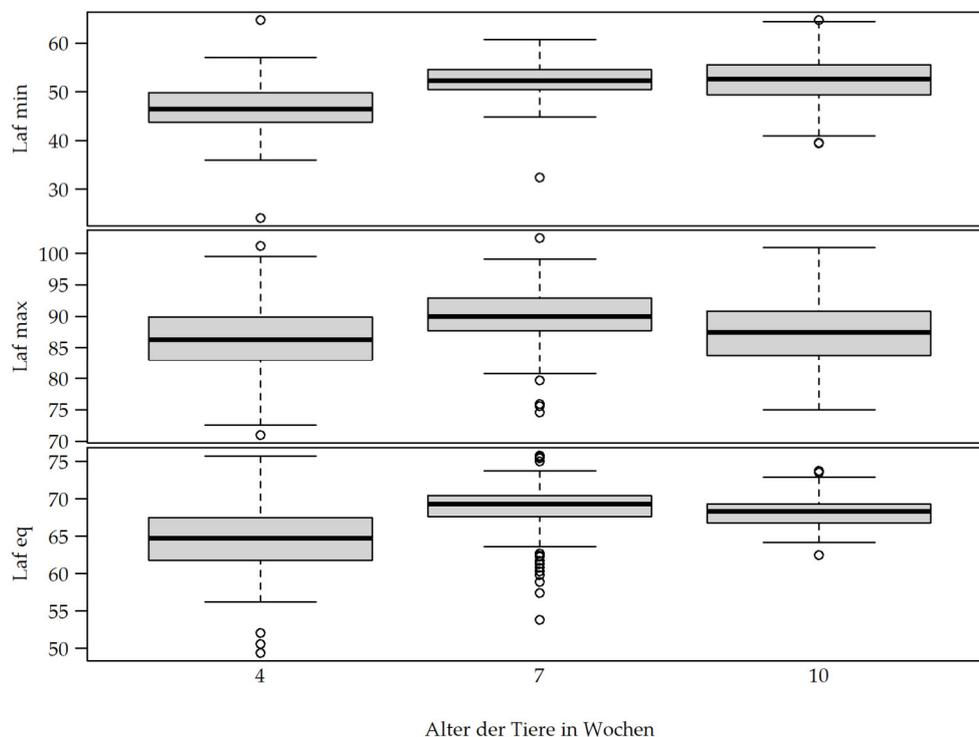


Abb. 9: Schallpegelmesswerte (dB(A)) in Abhängigkeit des Alters der Tiere auf den drei Betrieben.

Der Zusammenhang zwischen dem prozentualen Anteil aktiver Ferkel im Abteil und dem Schallpegel wird in Abbildung 10 veranschaulicht. Mit zunehmendem Anteil aktiver Ferkel im Abteil stieg der Schallpegel kontinuierlich an. Auffällig ist, dass auch im Falle, dass kein Ferkel im Abteil aktiv war, der Schallpegel LAeq immerhin bei $63,7 \pm 6,6$ dB(A) lag, was auf einen relativ hohen Grundschallpegel in den Ställen hindeutet. Die Unterschiede im Schallpegel, welche durch leise oder mittlere Vokalisation der Tiere in den Abteilen zustande kamen, sind in Abbildung 11 dargestellt. Erwartungsgemäß erhöhte sich der Schallpegel, wenn die Vokalisation der Tiere zunahm. Ein zunehmender Anteil fressender Tiere erhöhte den Schallpegel ebenfalls tendenziell (Tab. 8).

Tabelle 8: Schallpegel LAeq (in dB(A)) in Abhängigkeit des Anteils fressender Tiere im Abteil.

Variable	Fressverhalten	N	Min	Max	Median	Mittel	Standardabweichung
LAeq	100% fressen	4	67.1	72.1	68.8	69.2	2.1
	unter 50% fressen	422	49.4	75.8	68.0	67.1	3.8
	0% fressen	6	50.6	69.0	65.3	63.7	6.6
		432	49.4	75.8	67.9	67.1	3.8

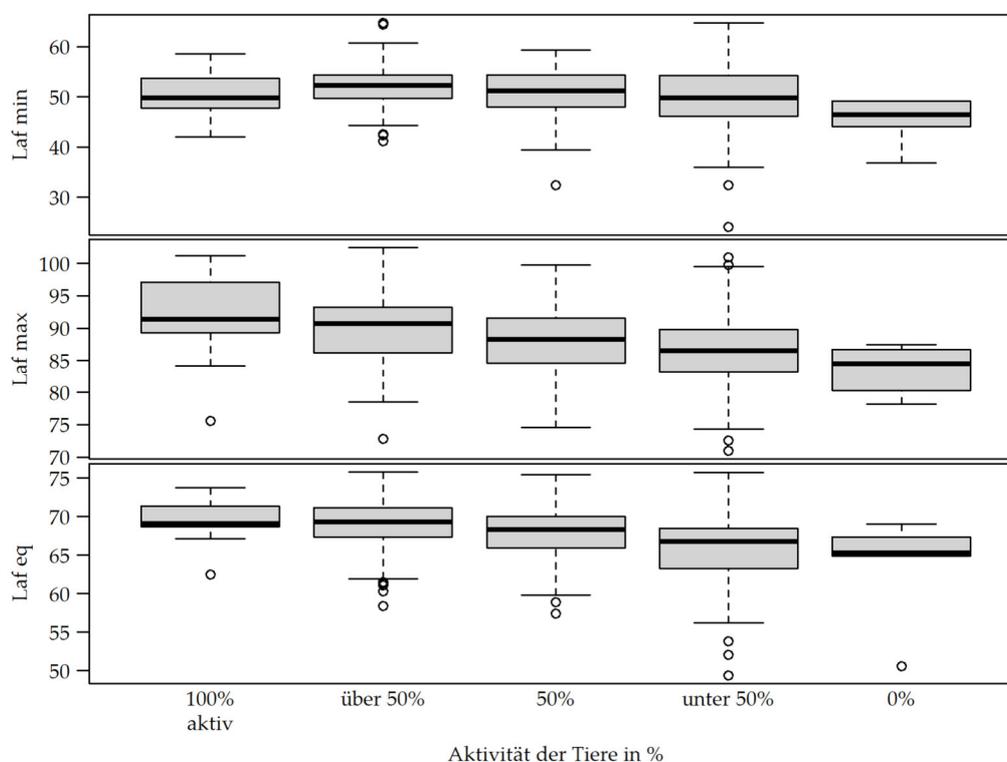


Abb. 10: Schallpegelmesswerte in Abhängigkeit des prozentualen Anteils aktiver Tiere im Abteil über alle drei Betriebe. N = 432 Messungen.

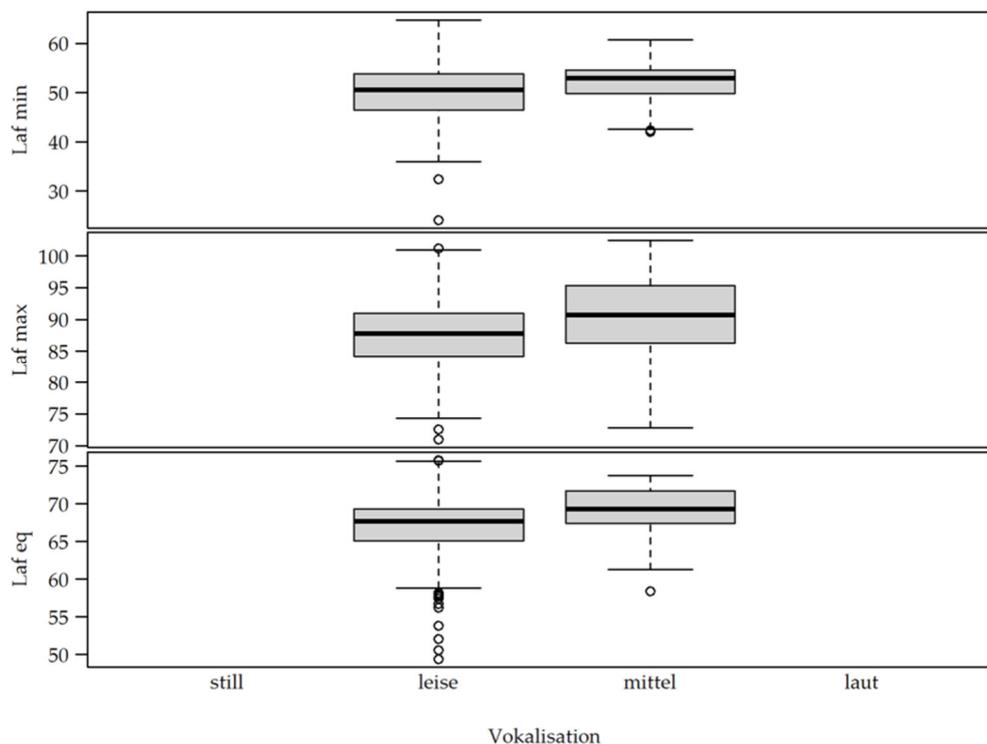


Abb. 11: Schallpegelmesswerte in Abhängigkeit der Vokalisation der Tiere im Abteil über alle drei Betriebe. Völlige Stille oder sehr laute Vokalisationen traten im Verlauf der Untersuchungen nicht auf. N = 432 Messungen.

4.2.2 Grundsollpegel im Abteil ohne Tiere

Auf insgesamt fünf Betrieben war es möglich, den Grundsollpegel in Abteilen ohne Tiere bei eingeschalteter Lüftung zu messen. Der höchste erreichte Wert war ein Schallpegel von $L_{Aeq} = 63,2$ dB(A), der niedrigste Wert war $L_{Aeq} = 38,6$ dB(A) (Tab. 9).

Tabelle 9: Grundsollpegel in Abteilen ohne Tiere bei eingeschalteter Lüftung. Die drei Betriebe, in denen auch intensive Messungen des Schallpegels stattfanden, sind grau hinterlegt.

Betrieb	Datum	L_{Aeq} (10 min)	LAFmin	LAFmax
4	09.11.21	48	37,3	82,2
6	09.08.21	38,6	27,7	46,6
7	05.08.21	49,9	47,1	63,3
8	18.08.21	63,2	58,9	72,7
8	18.03.22	48,2	38,8	67,6
11	09.03.22	47,9	42,1	59,6
12	15.09.21	41	37,1	59

4.2.3. Frequenzanalyse des Schalls in den Abteilen

Die Frequenzanalysen des Schalls in den Ferkelaufzuchtabteilen ergaben überwiegend Frequenzen im Bereich bis 15 kHz. Diese Frequenzen liegen sowohl im Hörbereich des Menschen als auch im Hörbereich des Schweins. Abbildung 12 zeigt beispielhaft den Ausschnitt eines Frequenzbandes in einem Abteil im Betrieb a. Nur vereinzelt sind Ausschläge zu sehen, die sich innerhalb des vom Schwein hörbaren Ultraschallbereichs (bis ca. 40 kHz) bewegen.

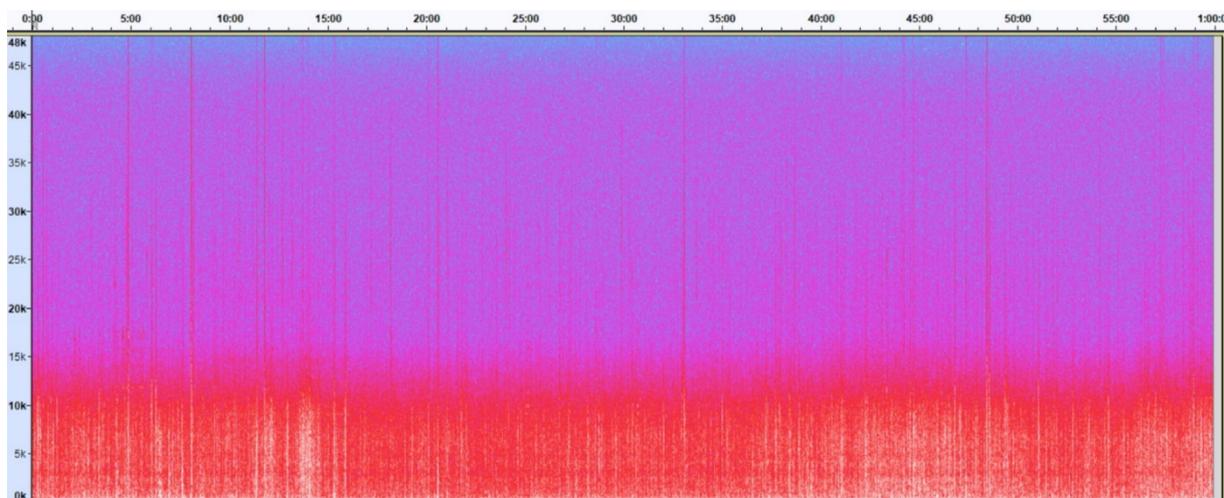


Abb. 12: Ausschnitt eines Frequenzbandes des Schalls in einem Ferkelaufzuchtbetrieb über einen Zeitraum von einer Stunde. Die gemessenen Frequenzen (kHz) sind in rot dargestellt.

4.3 Schallpegelmessungen bei Maßnahmen mit zu erwartender Lärmbelastung

4.3.1. Schallpegel bei einzelnen Maßnahmen

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden die Schallpegel bei verschiedenen Managementmaßnahmen in der Ferkelaufzucht gemessen. Es fanden insgesamt 104 Messungen zu acht Maßnahmen statt. Hinzu kamen 685 Zwischenmessungen während einzelner Maßnahmen. Bezogen auf alle Maßnahmen lagen die Schallpegelmesswerte (LAeq) zwischen 56,4 dB(A) und 88,7 dB(A), wobei der mittlere Schallpegel 75,6 dB(A) betrug. Betrachtet man die Werte von LAFmax und LCPKmax, stellt man fest, dass der Grenzwert von 85 dB(A) hier zum Teil deutlich überschritten wurde (Tab. 10).

Tabelle 10: Schallpegelmesswerte über alle Maßnahmen und Betriebe.

Variable	N	Min	Max	Median	Mittel	Standardabweichung
LAeq	104	56.40	88.70	75.60	75.18	6.69
LCPKmax	104	79.90	129.70	109.50	109.44	6.79
LAFmin	104	38.60	66.60	54.75	54.60	5.83
LAFmax	104	65.30	110.50	93.35	93.42	8.06

Das Impfen der Ferkel zeigte im Vergleich zu den anderen Maßnahmen im Durchschnitt geringere Werte für den äquivalenten Dauerschallpegel (70,0 dB(A)), während die Werte der Maßnahme Ausstallen mit 83,3 dB(A) am höchsten waren (Abb. 13).

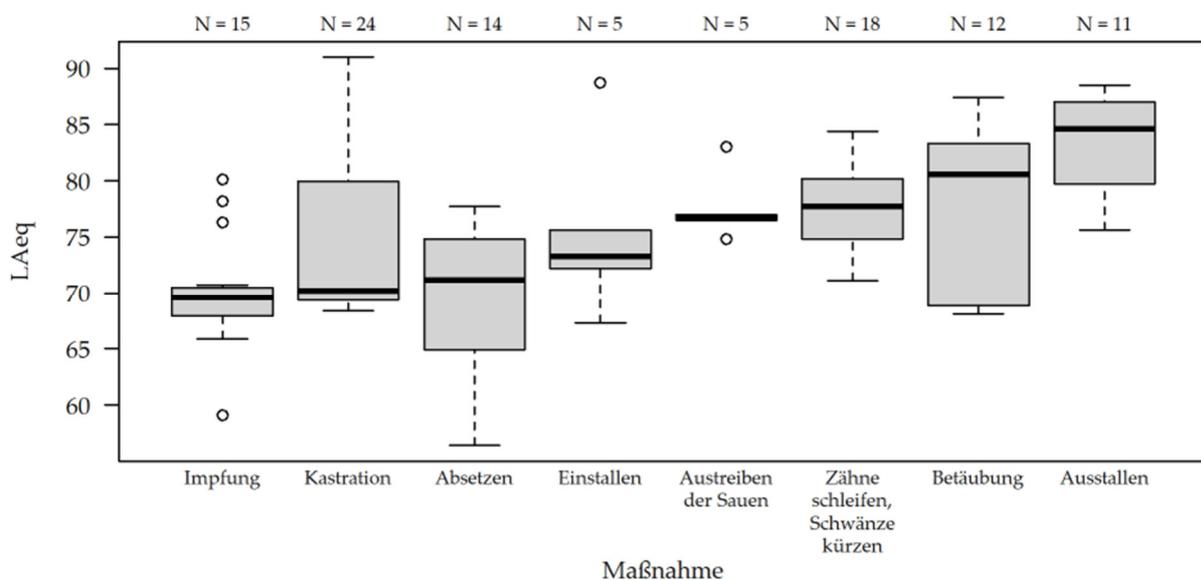


Abb. 13: Messwerte des äquivalenten Dauerschallpegels LAeq in dB(A), aufgeteilt nach Maßnahmen.

Da neben dem äquivalenten Dauerschallpegel LAeq auch kurzzeitige Schallspitzen interessant sind, wird in Tabelle 11 ein Überblick über alle ermittelten Schallpegelmesswerte gegeben. Hierbei wird deutlich, dass der Wert für LCPKmax bei allen Maßnahmen im Mittel über 100 dB(A) lag. Der Wert für LAFmax lag in zwei Fällen (Ausstallen der Ferkel und Austreiben der Sauen) ebenfalls über 100 dB(A); in allen Fällen aber über dem Grenzwert von 85 dB(A).

Tabelle 11: Überblick über alle Schallpegelmesswerte der einzelnen Maßnahmen.

Variable	Maßnahme	N	Min	Max	Median	Mittel	Std- abweichung
LAeq	Zähne schleifen, Schwänze kürzen	18	71.10	84.40	77.70	77.52	3.59
	Impfung	15	59.10	80.10	69.60	70.03	5.13
	Ausstallen	11	75.60	88.50	84.60	83.28	4.92
	Einstallen	5	67.30	88.70	73.30	75.42	8.01
	Absetzen	14	56.40	77.70	71.20	69.92	5.99
	Austreiben der Sauen	5	74.80	83.00	76.70	77.60	3.13
	Betäubung	12	68.10	87.40	80.55	78.07	7.41
	Kastration	24	68.40	91.00	70.20	74.41	6.19
LCPKmax	Zähne schleifen, Schwänze kürzen	18	103.90	114.60	109.50	109.78	3.16
	Impfung	15	99.90	115.10	102.80	104.42	4.40
	Ausstallen	11	105.20	129.70	117.70	117.59	6.64
	Einstallen	5	99.00	121.90	110.50	111.50	10.03
	Absetzen	14	79.90	115.00	109.15	105.50	8.89
	Austreiben der Sauen	5	108.80	116.20	112.00	112.60	2.74
	Betäubung	12	101.30	125.20	111.90	112.17	5.92
	Kastration	24	101.70	117.00	108.00	108.43	4.7
LAFmin	Zähne schleifen, Schwänze kürzen	18	50.80	63.50	58.05	57.72	3.80
	Impfung	15	41.80	65.40	52.10	53.22	5.93
	Ausstallen	11	49.50	66.60	58.30	56.87	5.01
	Einstallen	5	51.10	65.80	57.20	57.72	5.26
	Absetzen	14	38.60	64.70	56.60	53.50	9.07
	Austreiben der Sauen	5	51.10	63.20	56.00	55.70	4.93
	Betäubung	12	41.10	58.10	52.50	52.10	4.74
	Kastration	24	41.80	64.10	52.35	53.09	4.75
LAFmax	Zähne schleifen, Schwänze kürzen	18	90.60	100.80	97.45	96.66	3.31
	Impfung	15	71.40	99.90	90.70	89.26	7.56
	Ausstallen	11	90.40	110.50	104.30	102.00	6.82
	Einstallen	5	84.10	105.10	94.30	93.90	9.45
	Absetzen	14	65.30	100.00	88.20	88.60	9.02
	Austreiben der Sauen	5	96.40	105.80	101.70	101.34	3.47
	Betäubung	12	84.70	102.90	90.40	92.05	5.08
	Kastration	24	80.40	107.80	88.55	91.40	7.98

Die Schmerzschwelle, bei der beim Menschen schon nach kurzer Belastung Gehörschäden auftreten können, liegt zwischen 120 dB(A) und 140 dB(A) (Bionity, 2021). Aus diesem Grund wird im Folgenden detailliert die Häufigkeit des Überschreitens des Wertes von 120 dB(A) bei

den untersuchten Maßnahmen in der Ferkelaufzucht dargestellt. Da sich hier schon ein kurzzeitiges Schallereignis schädigend auswirken kann, wird zu diesem Zweck der Wert des LCPKmax betrachtet (Tab. 12). Insgesamt wurde lediglich in 5,8% der Fälle ein Überschreiten des Wertes von LCPKmax = 120 dB(A) festgestellt. Die betroffenen Maßnahmen waren Ein- und Ausstallen von Ferkeln sowie die Betäubung im Vorfeld der Kastration männlicher Ferkel.

Tabelle 12: Häufigkeit und prozentualer Anteil des Überschreitens der Schmerzschwelle von 120 dB(A) bei den untersuchten Maßnahmen.

Maßnahme	LCPKmax > 120 dB(A)	
	nein	ja
Zähne schleifen, Schwänze kürzen	18 (100%)	0 (0%)
Impfung	15 (100%)	0 (0%)
Ausstallen	8 (72.7%)	3 (27.3%)
Einstallen	3 (60%)	2 (40%)
Absetzen	14 (100%)	0 (0%)
Austreiben der Sauen	5 (100%)	0 (0%)
Betäubung	11 (91.7%)	1 (8.3%)
Kastration	24 (100%)	0 (0%)
Summe	98 (94.2%)	6 (5.8%)

Tabelle 13: Ergebnisse des statistischen Modells für den erwarteten Schallpegel (LAeq) in Abhängigkeit der Maßnahme (Referenz: Zähneschleifen, Schwänze kürzen).

	Schätzer	Std. fehler	df	t -Wert	p-Wert
(Intercept)	78.143	1.909	4.738	40.939	< 0,001
Maßnahme = Impfung	-7.871	1.913	86.868	-4.114	< 0,001
Maßnahme = Ausstallen	4.865	2.030	93.004	2.396	0.019
Maßnahme = Einstallen	-2.691	2.898	66.145	-0.929	0.356
Maßnahme = Absetzen	-7.880	1.922	94.802	-4.100	< 0,001
Maßnahme = Austreiben der Sauen	0.567	2.789	89.594	0.203	0.839
Maßnahme = Betäubung	2.683	2.155	81.902	1.245	0.217
Maßnahme = Kastration	-2.401	1.785	76.427	-1.345	0.183

Die weitere Auswertung der Daten erfolgte unter Anwendung eines statistischen Modells für den äquivalenten Dauerschallpegel (LAeq). Berechnet wurde dabei mit Hilfe eines gemischten linearen Modells der erwartete Schallpegel (LAeq) in Abhängigkeit der Maßnahme (Referenz: Zähneschleifen und Schwänze kürzen) unter Berücksichtigung des zufälligen Betriebs- und des zufälligen Abteil-Effekts. Insgesamt waren fast alle Maßnahmen leiser als die Maßnahme

„Zähneschleifen und Schwänze kürzen“. Statistisch signifikante Unterschiede wurden für das Impfen und Absetzen der Ferkel gefunden ($p < 0,05$). Das Ausstallen war dagegen signifikant lauter als die Maßnahme „Zähneschleifen und Schwänze kürzen“ (Tab. 13).

4.3.2 Schallpegel bei einzelnen Ereignissen während der Maßnahmen

Während der zuvor beschriebenen Maßnahmen wurden Zwischenmessungen ($n = 685$) bei verschiedenen Ereignissen durchgeführt. Hierbei ist zu beachten, dass nicht alle Ereignisse während der jeweiligen Maßnahmen vorkamen. Besonders hohe Schallpegel erzeugten der Einsatz eines Treibpaddels mit einem mittleren LAF = 92,1 dB(A) und der Aufschrei der Ferkel mit LAF = 87,9 dB(A) (Abb. 14). Im Vergleich dazu war der Schallpegel beim Sortieren der Ferkel mit einem mittleren LAF = 73,7 dB(A) und dem Treiben der Tiere aus den Buchten mit LAF = 73,1 dB(A) geringer (Abb. 14).

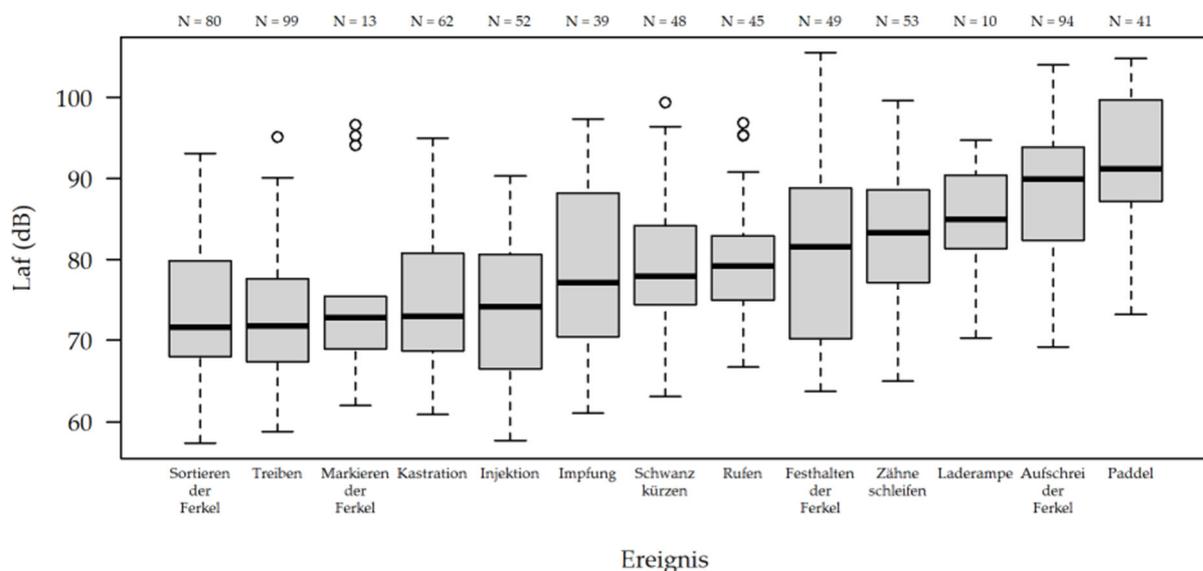


Abb. 14: Messwerte des Schallpegels (LAF in dB(A)), aufgeteilt nach Ereignissen während der untersuchten Maßnahmen. N = Anzahl der Messungen.

Da nicht alle Ereignisse bei allen untersuchten Maßnahmen vorkamen, wird im Folgenden für die beiden lautesten Ereignisse (Aufschrei der Ferkel und Einsatz des Treibpaddels) dargestellt, bei welchen Maßnahmen diese vorkamen und welche Schallpegel dabei jeweils erreicht wurden. Abbildung 15 zeigt die Schallpegel, die beim Aufschrei von Ferkeln bei unterschiedlichen Maßnahmen erreicht wurden. Am lautesten war der Aufschrei der Ferkel bei der Betäubung mit einem mittleren LAF = $90,0 \pm 9,2$ dB(A). Der Median lag bei 93,1 dB(A); das Minimum betrug 71,5 dB(A), das Maximum 102,2 dB(A). Auch beim Impfen schrien die Ferkel sehr laut mit im Mittel $89,6 \pm 6,5$ dB(A). Der Median lag in diesem Fall bei 90,8 dB(A),

das Minimum betrug 78,3 dB(A), das Maximum 104,0 dB(A). Beim Zähneschleifen und Schwänze kürzen wurde im Mittel ein Schallpegel von $89,5 \pm 5,9$ dB(A) gemessen, wobei der Median 90,1 dB(A) betrug. Das Minimum lag bei 80,1 dB(A), das Maximum bei 90,1 dB(A).

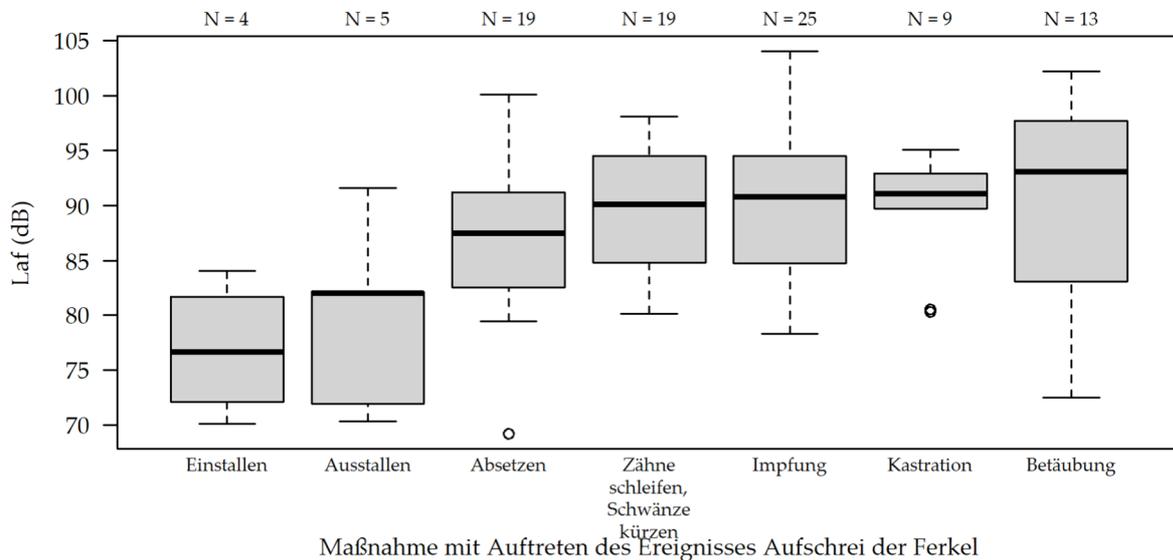


Abb. 15: Gemessene Schallpegel (LAF) während des Ereignisses „Aufschrei der Ferkel“ bei verschiedenen Maßnahmen. N = Anzahl der Messungen.

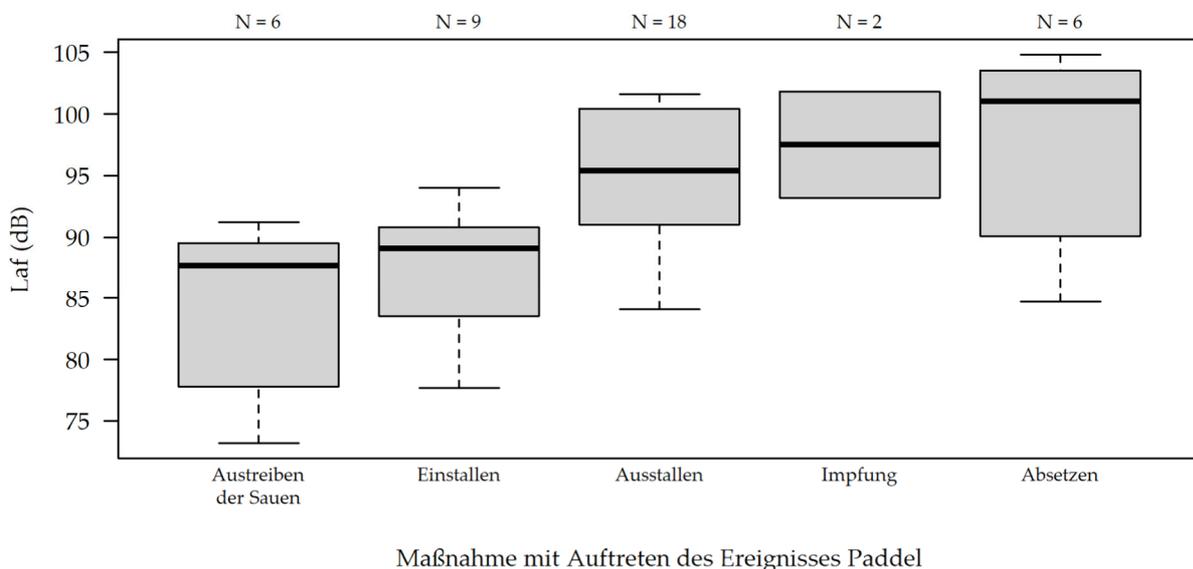


Abb. 16: Gemessene Schallpegel (LAF) während des Ereignisses „Einsatz eines Treibpaddels“ bei verschiedenen Maßnahmen. N = Anzahl der Messungen.

Abbildung 16 zeigt die Schallpegel, die beim Einsatz eines Treibpaddels bei verschiedenen Maßnahmen auftraten. Am lautesten erwies sich der Einsatz eines Treibpaddels beim Absetzen der Ferkel, am leisesten beim Austreiben der Sauen. Beim Absetzen führte der

Einsatz eines Treibpaddels zu mittleren Lautstärken von $LAF = 97,5 \pm 9,2$ dB(A). Der Median betrug 101,1 dB(A); das Minimum lag bei 84,7 dB(A), das Maximum bei 104,8 dB(A). Beim Austreiben der Sauen wurde beim Einsatz des Treibpaddels eine mittlere Lautstärke von $84,5 \pm 7,3$ dB(A) verzeichnet. Der Median lag bei 87,7 dB(A); das Minimum betrug 73,2 dB(A), das Maximum 91,2 dB(A).

5. Diskussion der Ergebnisse

5.1 Schallpegel in den untersuchten Ferkelaufzuchtteilen

In der vorgelegten Studie wurden detaillierte Erhebungen zum Schallpegel in der Ferkelaufzucht durchgeführt. Diese starteten mit einer grundlegenden Erhebung auf insgesamt 15 Betrieben mit unterschiedlichen Haltungssystemen. Die Ergebnisse dieser Schallpegelmessungen zeigten, dass sich der durchschnittliche Schallpegel in den Ferkelaufzucht-Abteilen mit $LA_{eq} = 61,76 \pm 7,26$ dB(A) unterhalb des in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung formulierten Grenzwertes von 85 dB(A) befand. Die Haltung auf Vollspaltenboden aus Kunststoff verursachte mit 67 dB(A) höhere Lautstärken als die Haltung auf Teilspaltenboden mit Betonanteil (60,9 dB(A)). Am leisesten war die Hüttenhaltung mit Stroh (57,5 dB(A)). Interessanterweise war die Haltung von Ferkeln in Buchten mit erhöhter Ebene trotz des Kunststoffspaltenbodens mit 57,8 dB(A) ähnlich leise wie die Hüttenhaltung mit Stroheinstreu. Zu betonen ist hierbei aber, dass sich die ermittelten Daten lediglich auf einen einzigen Betrieb mit erhöhten Ebenen beziehen, so dass dieses Ergebnis an einer größeren Stichprobe verifiziert werden sollte. Der Lautstärkepegel stieg in den Ställen erwartungsgemäß signifikant an, wenn viele Tiere aktiv waren und wenn die Ferkel älter wurden; erreichte allerdings auch dann im Mittel nie den Grenzwert von 85 dB(A). Die intensiven Erhebungen zum Schallpegel auf drei Betrieben über den Zeitverlauf der Aufzucht ergaben teils höhere Werte als die punktuellen Messungen auf 15 unterschiedlichen Betrieben. Hier wurden bei konventioneller Haltung auf Kunststoffspaltenboden für den LA_{eq} Mittelwerte zwischen 65,5 dB(A) und 68,8 dB(A) und Maximalwerte von 75,8 dB(A) erreicht. Der LAF_{max} lag im Mittel bei 88 dB(A); erreichte aber auch Maximalwerte von bis zu 102 dB(A). Diese hohen Schallpegel traten jedoch nur kurzzeitig auf und ließen sich auf spezielle Ereignisse, wie das Nutzen von Beschäftigungsmaterial oder das Schlagen metallischer Stalleinrichtungen, zurückführen.

Für die Interpretation der in den Ställen ermittelten Lautstärken ist es hilfreich, einen Vergleich mit Alltagsgeräuschen aus dem menschlichen Lebensumfeld vorzunehmen. Abbildung 17

zeigt typische Lautstärken menschlicher Umgebungsgeräusche und deren mögliche Auswirkungen auf den Organismus. Demnach können bei dauerhafter Lärmeinwirkung über 45 dB(A) bereits negative Auswirkungen auf das Wohlbefinden des Menschen auftreten. Die in den Ferkelaufzuchtställen gemessenen mittleren Schallpegel lagen etwa in der Größenordnung einer Zimmerlautstärke von Radio oder TV. Das Maximum der gemessenen LAeq-Werte auf den 15 Betrieben lag bei 76,0 dB(A), der LAFmax betrug sogar 82,98 dB(A). Dies entspricht im ersten Fall etwa der Lautstärke des PKW-Verkehrs in der Stadt, im zweiten Fall der Geräuschbelastung durch LKW im Straßenverkehr. Dennoch wurde im „Alltagsbetrieb“ der Ferkelaufzucht kein für den Menschen gehörschädigender Wert erreicht. Kurzzeitig wurden Werte von 88 dB(A) gemessen, welche sich beim Menschen nur bei dauerhafter Einwirkung als gehörschädigend auswirken können. Sehr kurz traten LAF-Werte von maximal 102 dB(A) auf, was in der Größenordnung eines Presslufthammers liegt, beim Menschen jedoch noch unterhalb der gehörschädigenden Schmerzgrenze für kurzzeitige Belastungen einzuordnen ist (120 dB(A)).

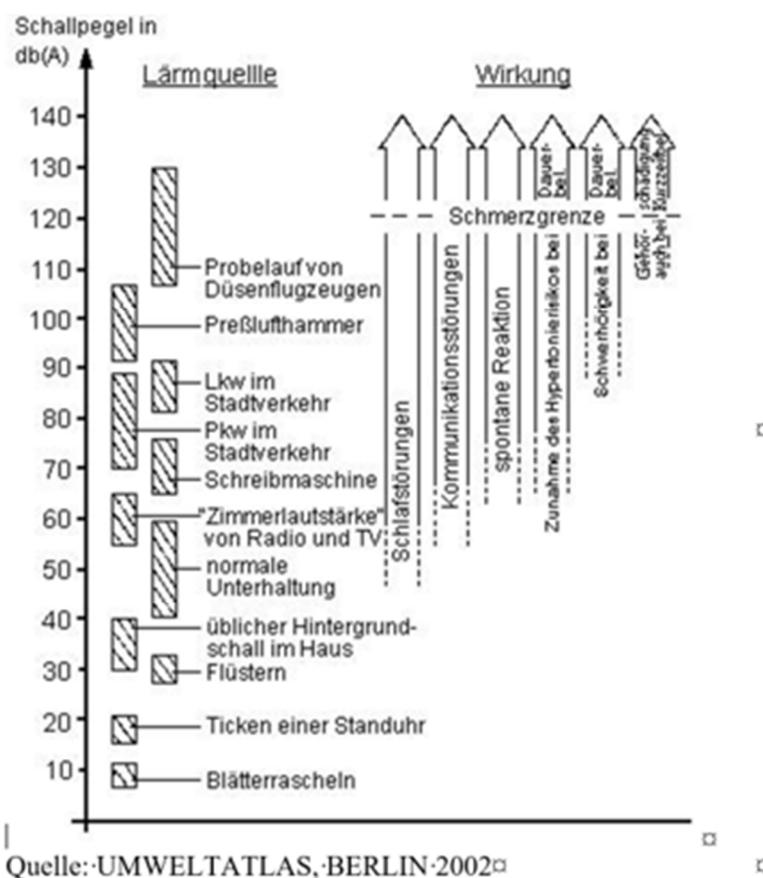


Abb. 17: Lärmquellen im menschlichen Lebensumfeld sowie deren Schallpegel und mögliche Auswirkungen auf den menschlichen Organismus (aus Unrath, 2004).

Zu beachten ist allerdings, dass das Wissen über die Auswirkungen von Lärm auf Nutztiere noch lückenhaft ist. Nicht umsonst werden Grenzwerte aus dem menschlichen Arbeitsschutz für die Tierhaltung herangezogen, obwohl bekannt ist, dass sich das Hörvermögen der Nutztiere von demjenigen des Menschen unterscheidet (Tab. 14). Hier muss in jedem Fall auch die Verwendung des Gewichtungsfaktors A in Schall-Grenzwerten für Tiere kritisch betrachtet werden, da dieser eine Gewichtung auf den menschlichen Hörbereich vornimmt. Möglicherweise wäre hier der Verzicht auf eine Gewichtung empfehlenswerter, da kein spezieller Gewichtungsfaktor für Schweine oder andere Nutztiere verfügbar und bekannt ist. Auch ist zu beachten, dass sich das Tier, anders als der im Stall arbeitende Mensch, 24 Stunden im Stall aufhält und somit den Lärmbeeinträchtigungen rund um die Uhr ausgesetzt ist (Unrath, 2004). Der Schallgrenzwert von 85 dB(A) bezieht sich bei Menschen auf einen achtstündigen Arbeitstag. Dieser Grenzwert wurde in den Ställen unterschritten. Aber ist der Mensch rund um die Uhr der Zimmerlautstärke eines Radios ausgesetzt? – Sicher nicht. Der Grundschallpegel in den Ställen ohne Tiere bei eingeschalteter Lüftung bzw. bei fehlender Aktivität der Tiere (d. h. während der Ruheverhaltens) lag jedoch teils ebenfalls in diesem Lautstärkebereich, welcher beim Menschen sowohl zu Schlafstörungen als auch zu Kommunikationsstörungen führen kann.

Tabelle 14: Hörbereiche von Mensch und Schwein im Vergleich (aus Brandes, 2020).

Primär-Quelle	Hörbereich Mensch	Bestes Hörvermögen Mensch	Hörbereich Schwein	Bestes Hörvermögen Schwein
Castelhano-Carlos und Baumans (2009)	20 Hz bis 20 kHz	Keine Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben
Heffner und Heffner (1992)	31 Hz bis 17,6 kHz	4 kHz	55 Hz bis 40 kHz	500 Hz bis 16 kHz, v.a. bei 8 kHz
Heffner (1998)	31 Hz bis 17,6 kHz	4 kHz	42 Hz bis 40,5 kHz	8 kHz
Marschang (1978)	16 Hz bis 21 kHz	Keine Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben
Schäffer et al. (2001)	16 Hz bis 16 kHz	Keine Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben
Weeks (2008)	20 Hz bis 20 kHz	500 Hz bis 4 kHz	Keine Angaben	Keine Angaben

Starker oder permanenter Lärm wirkt als Stressor auch negativ auf das Wohlbefinden von Tieren (Schäffer et al. 2001), selbst wenn eine Gewöhnung möglich ist (Stephan, 1988). Nach Stephan (1988) zeigen die Tiere eine gute Adaptationsfähigkeit an den Schall, solange die Schalleinwirkung nicht plötzlich und in sehr lauten Tönen erfolgt. Broucek (2014) berichtet jedoch von einem Zusammenhang zwischen einer langanhaltenden Schallemission, einem steigenden Blutdruck und einer erhöhten Herzfrequenz bei Schweinen. Auch Stoffwechselstörungen, ein veränderter Glucosestoffwechsel der Leber oder Immunsuppressionen gehören zu den Auswirkungen von Lärm (Algers et al. 1978). Bei langanhaltendem Lärm konnte eine erhöhte Aktivität der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HPA-Achse) nachgewiesen werden (Broucek 2014). Über Beeinträchtigungen des Schlafverhaltens von Schweinen durch Lärm wurden keine Angaben gefunden. Nach Stephan (1988) spielen bei der Schallwirkung folgende Parameter eine wichtige Rolle:

- der Schalldruckpegel (dB) bzw. die Intensität des Schallereignisses
- die Anstiegssteilheit (in Sekunden), d.h. die Plötzlichkeit des Schallereignisses
- die Wirkzeit (in Sekunden), d.h. die Dauer des Schallereignisses
- das Frequenzspektrum (Hz), d.h. die Verteilung höherer und tieferer Töne

Die Ergebnisse der grundlegenden Erhebungen beziehen sich auf dauerhafte Geräuschbelastungen in den Ställen und sollten zunächst einen Überblick über die in den Abteilen vorhandenen Schallpegel geben. Diese lagen allesamt im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben, was als positiv anzusehen ist. Dennoch sollten auch diese Schallpegel aufgrund ihres dauerhaften Charakters kritisch hinterfragt werden. Schallspitzen von über 100 dB(A) traten durchaus auch im „normalen“ Stallalltag auf und wären in der Lage, das Wohlbefinden der Tiere zu beeinträchtigen. Die Lärmbewertung in der Tierhaltung wird grundsätzlich durch die subjektive Bewertungsebene erschwert (Castelhano-Carlos und Baumans 2009). Es ist bekannt, dass sich das Hörvermögen des Menschen von demjenigen des Schweins unterscheidet. Zusätzlich schwanken die Hörbereiche innerhalb einer Art von Individuum zu Individuum (Heffner und Heffner 1992). Daneben wirken sich Faktoren wie die Frequenz, die Schalldauer, der Gesundheitszustand und die Erfahrungen gegenüber Lärm auf die Reaktionen der Tiere aus (Venglovský et al. 2007). Aufgrund des unterschiedlichen Hörvermögens von Mensch und Schwein könnte man die Verwendung eines Schallmessgerätes, welches für den menschlichen Arbeitsschutz konzipiert ist, ebenso wie die A-Gewichtung bei der Messung, infrage stellen. Da jedoch für diese Untersuchungen kein Schallmessgerät verfügbar war, welches exakt den Hörbereich von Schweinen abbildet, und zudem in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung der Grenzwert aus dem menschlichen

Arbeitsschutz inklusive A-Gewichtung angegeben ist, wurde dennoch ein Messgerät für den Arbeitsschutz verwendet. Darüber hinaus wurden jedoch mithilfe eines für die Wildtierforschung konzipierten Messgerätes (Songmeter) Frequenzbestimmungen durchgeführt, die auch den vom Schwein hörbaren Ultraschallbereich einbezogen. Hierbei zeigte sich, dass die in den Ställen gemessenen Frequenzen des Schalls im Wesentlichen im Hörbereich des Menschen lagen. Somit erwies sich das genutzte Messgerät aus dem Arbeitsschutz als geeignet, um die aufgetretenen Frequenzbereiche zu erfassen. Noch exaktere, auf das Schwein zugeschnittene Messungen könnten jedoch mit einem Messgerät, welches den Frequenzbereich bis ca. 40 kHz erfasst, vorgenommen werden.

Der Einfluss von Lärm auf Tiere ist bisher nur wenig erforscht, so dass Vorgaben zu maximalen Schallpegeln im tierischen Umfeld weitgehend auf Mutmaßungen beruhen und weitere Untersuchungen zu den Auswirkungen von Schall auf Tiere erforderlich sind (Marschang 1978; Talling et al. 1998; Weeks et al. 2009). Hier sollten weitere Forschungsarbeiten anknüpfen. Das Ziel der vorgelegten Studie war zunächst einmal, den Status Quo der Geräuschbelastung in der Ferkelaufzucht zu ermitteln, Lärmquellen zu identifizieren und erforderlichenfalls Verbesserungspotenziale aufzuzeigen. Identifizierte Lärmquellen sind zum einen die Tiere selbst, welche während ihres Aktivitätsverhaltens und durch ihre Vokalisationen Schall erzeugen. Dies entspricht dem natürlichen Verhalten der Tiere, kann aber dennoch bei hohen Tierzahlen in einem Abteil störend bzw. belastend wirken. Ein wesentlicher Faktor der Geräuschbelastung im Ferkelaufzuchtstall scheint aber die Stalltechnik, insbesondere die Lüftungsanlage, zu sein. Dies wird anhand der erhobenen Grundschallpegel in den Abteilen mit mechanischer Lüftung deutlich. In der heutigen Tierhaltung sind Lüftungssysteme meist unerlässlich, zählen aber andererseits zu den Hauptlärmquellen im Stall (Broucek 2014; Kropsch und Lechner 2013; Talling et al. 1998). Bei einer Einzelabsaugung im Abteil kommen häufig Ventilatoren mit einem Axiallaufrad zum Einsatz, die für die Luftführung verantwortlich sind. Allerdings ist zu beachten, dass von dieser Technik eine nicht unerhebliche Schallabstrahlung ausgeht. Nach Kropsch und Lechner (2013) wurde bei 550 Umdrehungen pro Minute (U/min) ein Schalldruckpegel von 68 dB erreicht, während bei 910 U/min ein höherer Schallpegel von 80 dB erreicht wurde.

Die eigenen Daten zeigen, dass in der Tat Ställe ohne mechanische Lüftung am leisesten waren. Mit 57,5 dB(A) waren diese im Mittel um 11 dB(A) leiser als Ställe mit Futterganglüftung. Der Unterschied zur Rieselkanallüftung lag jedoch lediglich bei etwa 3 dB(A). Auch in Ställen mit freier Lüftung werden also Lautstärken erreicht, die etwa einer normalen menschlichen Sprechlautstärke entsprechen. Neben den Geräuschen, welche durch die Tiere selbst erzeugt

werden, spielen hier auch andere Umgebungsgeräusche eine Rolle, wie beispielsweise die Nähe zur nächsten Straße. Zu betonen ist, dass auch bei fehlender Lüftung keine so niedrige Geräuschbelastung erreicht wurde, welche ein ungestörtes Ruhen oder konzentriertes Arbeiten beim Menschen ermöglichen würde. Lärminderungszielwerte liegen nach DIN EN ISO 11690 bei $< 80\text{dB(A)}$ in industriellen Arbeitsstätten sowie bei $< 55\text{ dB(A)}$ für routinemäßige Büroarbeiten. Es ist daher fraglich, ob die Lautstärken, die in den Ställen dauerhaft herrschen, ein ungestörtes bzw. erholsames Ruhen der Tiere ermöglichen. Die Gestaltung von Lüftungsanlagen ist in der Tat ein wichtiger Aspekt für die Erzielung einer Lärmreduktion im Stall; jedoch offensichtlich nicht der einzige. Dennoch sollte bei der Neu- und Weiterentwicklung von Lüftungssystemen und Stalltechnik auf einen geräuscharmen Betrieb geachtet werden, um möglichst niedrige Grundschallpegel in den Ställen zu gewährleisten. Durch metallische Stalleinrichtungen werden zudem teils hohe Schallspitzen erreicht, die zwar nur kurzzeitig einwirken, jedoch im Lautstärkebereich eines Presslufthammers liegen können. Auch hier sollte von Herstellerseite im Sinne der Tiere auf einen geräuscharmen Betrieb geachtet werden. Dies betrifft insbesondere auch metallene Beschäftigungsmaterialien. Darüber hinaus sollte bei der Standortplanung für Schweineställe auch auf die Geräuschbelastung aus der Umgebung geachtet werden. Hier kann sich insbesondere Straßenverkehrslärm, aber auch Fluglärm, Industrielärm oder sonstige Geräuschemission, beispielsweise durch nahe gelegene Windkraftanlagen, auf das Wohlbefinden der in den Ställen befindlichen Tiere auswirken. Messungen der Geräuschbelastung sollten zudem Eingang in die behördliche Kontrollroutine für bestehende und in Planung befindliche Tierhaltungsanlagen finden.

5.2 Schallpegel bei besonderen Maßnahmen in der Ferkelaufzucht

In der vorgelegten Studie erfolgten zusätzlich zu den Erhebungen der Umgebungslautstärke in den Stallabteilen gezielte Messungen bei Maßnahmen mit zu erwartender Lärmbelastung in der Ferkelaufzucht. Dabei wurde gezielt der Schallpegel bei Maßnahmen gemessen, die laute Vokalisationen der Ferkel erwarten lassen. Dies ist bei der Kastration männlicher Ferkel bzw. der zugehörigen Betäubung der Fall, aber auch beim Schleifen der Zähne und Kupieren der Schwänze von Ferkeln oder bei den Impfungen im Ferkelalter. Zusätzlich gaben die befragten Landwirte auch Situationen der Ein- und Ausstallung von Ferkeln in die bzw. aus den Aufzuchtställen sowie das Absetzen von Ferkeln mit Austreiben der Sauen aus dem Abferkelstall als besonders lärmbelastend für das Stallpersonal an. Tatsächlich stellte sich die Ausstallung der Ferkel am Ende der Aufzucht bei Übergang in die Mast mit $83,3\text{ dB(A)}$ als das lauteste Schallereignis heraus. Es folgten Zähneschleifen und Kürzen der Schwänze mit $77,5$

dB(A) und 78,1 dB(A). Auch hier erreichten die während der Maßnahmen gemessenen äquivalenten Dauerschallpegel in keinem Fall den auf Dauer gehörschädigenden Grenzwert von 85 dB(A). Die Messungen erfolgten in diesem Fall gezielt auf der Höhe eines Ohres der mit der Maßnahme beschäftigten Person, um Werte für den Arbeitsschutz zu erhalten. Höhere Schallpegel zwischen 95 und 110 dB wurden in früheren Untersuchungen bei zootecnischen Maßnahmen wie Impfen, Kastrieren und Tätowieren von Ferkeln berichtet (Schäffer et al., 2001). Bei derartigen Maßnahmen mit erwarteter Lärmbelastung sollte auch der Spitzenpegel des Schalls (LCPKmax) in die Analyse einbezogen werden, da auf diese Weise beurteilt werden kann, ob derart hohe Schallpegel erreicht werden, dass auch deren kurzzeitige Einwirkung Gehörschäden hervorrufen könnte. Legt man die Schmerzschwelle beim Menschen von 120 dB(A) zugrunde, war dies bei Betrachtung der Mittelwerte des LCPKmax in der vorliegenden Studie nicht der Fall. Allerdings wurde beim Ausstallen von Ferkeln ein mittlerer LCPKmax von 118 dB(A) erreicht, welcher der menschlichen Schmerzschwelle sehr nahekommt. Da die Schmerzschwelle bei Schweinen nicht bekannt ist, sollte dieses Ergebnis aufhorchen lassen, zumal wenn man vermutet, dass Schweine über ein sensibleres Gehör verfügen als der Mensch. Schaut man sich nicht die Mittelwerte, sondern die Maximalwerte des LCPKmax an, findet man bei verschiedenen Maßnahmen Werte oberhalb von 120 dB(A). Es sind dies die Ausstallung mit 130 dB(A), die Einstallung mit 122 dB(A) und die Betäubung mit 125 dB(A). Da diese Lautstärken gehörschädigend wirken können, ist das Tragen eines Gehörschutzes für das Personal bei diesen Arbeiten als unabdingbar anzusehen. Da bei allen untersuchten Maßnahmen Maximalwerte des LCPKmax von mindestens 114 dB(A) erreicht wurden, ist das Tragen eines Gehörschutzes bei allen betrachteten Maßnahmen empfehlenswert, wenn auch nicht gesetzlich vorgeschrieben, da es sich um keine dauerhafte Belastung handelt und nicht bei allen Maßnahmen Werte über 120 dB(A) erreicht wurden.

Nicht zu vergessen ist hierbei, dass die an den Maßnahmen beteiligten Schweine keinen Gehörschutz tragen können, so dass im Sinne des Schutzes der Tiere und der anwesenden Menschen Maßnahmen zur Reduzierung der Lärmbelastung bei diesen Tätigkeiten ergriffen werden sollten. Hierzu ist es wichtig, einzelne Ereignisse während unterschiedlicher Maßnahmen zu analysieren, um herauszufinden, wodurch die Lärmbelastung im Einzelnen hervorgerufen wird. Daher wurden im Rahmen dieser Studie Zwischenmessungen während der einzelnen Maßnahmen durchgeführt. Als besonders laut erwiesen sich hierbei der Einsatz eines Treibpaddels mit einem mittleren LAF von 92,1 dB(A) und der Aufschrei der Ferkel mit LAF = 87,9 dB(A). Bei allen Maßnahmen, bei denen ein Treibpaddel eingesetzt wurde, stieg der Lautstärkepegel auf über 85 dB(A) an. Da dies eine nicht unerhebliche Lärmbelastung darstellt, ist der Einsatz des Treibpaddels kritisch zu hinterfragen bzw. nach Möglichkeit auf

das Paddel zu verzichten. In der vorliegenden Untersuchung kam das Treibpaddel bei folgenden Tätigkeiten zum Einsatz: Absetzen, Impfen, Ein- und Ausstallen von Ferkeln und Austreiben von Sauen aus dem Abferkelstall. Ob hierbei tatsächlich stets der Einsatz eines Treibpaddels notwendig ist, wäre betriebsindividuell zu prüfen und gegebenenfalls dessen Einsatz zu reduzieren bzw. das Paddel durch andere Hilfsmittel zu ersetzen. Auch ein leiserer Einsatz des Paddels wäre denkbar, da nach eigener Beobachtung das Schlagen des Paddels hauptsächlich für die Lautstärke verantwortlich war und weniger die Reaktion der Tiere auf den Einsatz des Paddels.

Auch der Aufschrei der Ferkel führte bei verschiedensten Maßnahmen stets zu Werten oberhalb von 85 dB(A). Auch wenn laut Ausführungshinweisen zur Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2021) die Vokalisationen der Tiere nicht für eine Beurteilung der Überschreitung des Grenzwertes von 85 dB(A) im Stall herangezogen werden sollten, geht von diesen doch eine nicht unerhebliche kurzzeitige Lärmbelastung für Tier und Mensch aus. Schreie der Ferkel sind sicherlich nicht immer zu vermeiden, dennoch sollte das Vorkommen durch ein schonendes und tiergerechtes Handling möglichst reduziert werden – im Sinne des Tierschutzes und des Arbeitsschutzes für das Personal. In den meisten Fällen traten Ferkelschreie beim Festhalten der Tiere für Maßnahmen wie Impfung oder Betäubung, Zähneschleifen und Kürzen der Schwänze auf. Auf ein schonendes und einfühlsames Tierhandling sollte daher bei diesen Tätigkeiten ein besonderer Wert gelegt werden – trotz der Notwendigkeit einer zügigen Durchführung der Arbeitsabläufe. Unnötiger Lärm stresst Tier und Mensch in diesen Situationen zusätzlich und wirkt sich potenziell gehörschädigend aus. In jedem Fall ist das Tragen eines Gehörschutzes bei Tätigkeiten, bei denen laute Ferkelschreie zu erwarten sind, empfehlenswert. Es sind dies vor allem die zootecnischen Maßnahmen und Impfungen, aber auch die Ein- und Ausstallung von Ferkeln und das Absetzen.

6. Voraussichtlicher Nutzen der Ergebnisse

In dieser Studie wurden neue Erkenntnisse zum Schallpegel in Ferkelaufzuchtbetrieben gewonnen – und zwar sowohl im Stallalltag als auch bei besonderen Maßnahmen mit zu erwartender Lärmbelastung. Durch die Einbeziehung von insgesamt 15 Betrieben wurden verschiedene Haltungssysteme abgebildet. Es erfolgte somit eine Beurteilung der Geräuschbelastung in heutigen Systemen der Ferkelaufzucht, wodurch nun aktuelle Daten vorliegen. Zum einen wurde gezeigt, dass unter alltäglichen Stallbedingungen der in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung formulierte Grenzwert von 85 dB(A) nicht dauerhaft überschritten wurde. Demnach wurden gesetzliche Bestimmungen bezüglich des Schallpegels weitgehend eingehalten. Einzelne Schallspitzen, welche durch die Werte LAFmax und

LCPKmax dargestellt wurden, lagen jedoch oberhalb von 85 dB(A); bei besonderen Maßnahmen wurde sogar die menschliche Schmerzschwelle von 120 dB(A) kurzzeitig überschritten. Seit der 7. Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung kann das Überschreiten des Grenzwerts von 85 dB(A) nur noch kurzzeitig im begründeten Einzelfall bei unerlässlichen Tätigkeiten toleriert werden (Ausführungshinweise zur Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, 2021). Inwieweit die Situationen, welche in dieser Studie zu sehr hohen Schallpegeln geführt haben, unerlässlich waren, müsste im Einzelfall beurteilt werden. Teilweise wurden Stallzubehör (z.B. metallene Beschäftigungsmaterialien) oder Geräte (das Treibpaddel) als Auslöser von Schallspitzen identifiziert. Diese Erkenntnis sollte von Stalleinrichtungsfirmen und von den mit den Geräten hantierenden Personen genutzt werden, um einen Beitrag zur Reduzierung der Lärmbelastung in Schweineställen zu leisten.

Des Weiteren wurde gezeigt, dass der Grundschallpegel in konventionellen Abteilen ohne Tiere oder mit ausschließlich ruhenden Tieren bei eingeschalteter Lüftung bereits bei Werten von etwa 40 bis 60 dB(A) liegen kann. Dies entspricht der Lautstärke einer normalen menschlichen Unterhaltung. Da diese Werte jedoch über 24 Stunden täglich ohne Unterschied zwischen Tag und Nacht auf die Tiere einwirken und bei Tieraktivitäten noch erhöht werden, kann hier durchaus eine Tierschutzrelevanz vermutet werden. Diesbezüglich sollten Stalleinrichtungsfirmen darauf hinwirken, Schallpegel beim Betrieb der Einrichtungen zu reduzieren – dies womöglich sogar als strenges Prüfkriterium aufnehmen. Hierbei sollte auch eine Berücksichtigung der Frequenzen des erzeugten Schalls stattfinden. In der vorliegenden Untersuchung wurde zwar gezeigt, dass die Frequenzen des Schalls in den Ställen überwiegend im menschlichen Hörbereich lagen und somit der Schallpegel mit einem für den menschlichen Arbeitsschutz vorgesehenen Messgerät bestimmt werden konnte, dennoch traten auch kurzzeitig höherfrequente Töne auf, welche nicht vom Menschen, wohl aber vom Schwein wahrgenommen werden können. Daher sollte bei der Prüfung der Schallemissionen technischer Geräte für Tierställe nicht ausschließlich der menschliche Hörbereich Berücksichtigung finden. Gleiches gilt für gesetzliche Vorgaben für Schallgrenzwerte in der Tierhaltung. Die Angabe eines Grenzwertes mit dem Gewichtungsfaktor A für den menschlichen Hörbereich (dB(A)), wie in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung zu finden, ist hier durchaus infrage zu stellen. In der Tierschutzgesetzgebung sollte doch der Tierschutz im Vordergrund stehen, was die Konzentration auf eine Gewichtung für den menschlichen Arbeitsschutz fraglich erscheinen lässt, zumal hinsichtlich des Arbeitsschutzes andere Gesetzesgrundlagen existieren.

In der vorliegenden Studie wurden Managementmaßnahmen in der Ferkelaufzucht identifiziert, welche zu hoher Geräuschbelastung führen und teils das Tragen eines Gehörschutzes für den Menschen empfehlenswert oder gar gesetzlich notwendig machen. Betriebe sollten diese Ergebnisse nutzen, um ihre Mitarbeiter/-innen zu schützen, indem sie bei Tätigkeiten, wie der Ein- und Ausstallung oder zootecnischen Maßnahmen, zum Tragen eines Gehörschutzes anhalten. Schweine können jedoch keinen Gehörschutz tragen, zudem ist kein Auslösewert für Gehörschäden bei längerer Schallexposition und keine Schmerzschwelle für Schweine bekannt. Im Sinne des Tierschutzes sollten daher Anstrengungen unternommen werden, die Lärmexposition in den Ställen insgesamt und bei besonderen Maßnahmen zu reduzieren. In der vorliegenden Untersuchung wurden besondere lärm erzeugende Ereignisse identifiziert. Diese Erkenntnisse sollten genutzt werden, um durch umsichtiges Verhalten bei lärmauslösenden Tätigkeiten und schonendes Tierhandling das Auftreten von Schallspitzen zu vermeiden. Letztendlich zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung weiteren Forschungsbedarf auf dem Gebiet der Auswirkungen von Schall auf Schweine auf. Auf den ermittelten Daten zum Schallpegel in Ferkelaufzuchtbetrieben sollten weitere Untersuchungen aufbauen, welche die Wirkung dieser Schallexpositionen auf die Tiere ermitteln, um tiergerechte Schallgrenzwerte für Schweineställe festzulegen.

7. Aus dem Projekt hervorgegangene Publikationen

Derzeit sind zwei Fachpublikationen in Arbeit, welche in englischsprachigen, internationalen wissenschaftlichen Journalen veröffentlicht werden sollen.

7.1 Fachbeiträge auf Konferenzen

- Kroll, L., Kemper, N, Fels M. (2022). Ermittlung des Schallpegels bei verschiedenen arbeits- und zootecnischen Maßnahmen in der Ferkelaufzucht. Vortrag auf der Tagung der DGfZ und GfT am 22.09.22 in Kiel

8. Literaturverzeichnis

Ausführungshinweise zur Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2021)

https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/openagrar_derivate_00042569/H-2-Ausfuehrungshinweise-Schweine-2021-10.pdf (Zugriff am 18.10.22)

Bionity (2022): Bionity – Lexikon. <https://www.bionity.com/de/lexikon/Schmerzschwelle.html>
(Zugriff am 18.10.22).

Brandes B. (2020): Vergleichende Schallpegelmessungen in Abferkelställen. Masterarbeit im wissenschaftlichen Studiengang Agrarwissenschaften an der Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Agrarwissenschaften, Studienrichtung: Nutztierwissenschaften. Dezember 2020.

Broucek, J. (2014): Effect of noise on performance, stress, and behaviour of animals. *Slovak Journal of Animal Science*. 47,2014 (2), 111-123.

Castelhano-Carlos, M. J., Baumans, V. (2009): The impact of light, noise, cage cleaning and in-house transport on welfare and stress of laboratory rats. *Laboratory Animals* 43 (4), 311-327. DOI: 10.1258/la.2009.0080098.

DIN EN ISO 11690-2: Akustik - Richtlinien für die Gestaltung lärmarmer maschinenbestückter Arbeitsstätten - Teil 2: Lärminderungsmaßnahmen (ISO 11690-2:2020); Deutsche Fassung EN ISO 11690-2:2020, Ausgabe 2021-04.

Heffner, R. S., Heffner, H. E. (1992): Auditory Perception. In: *Farm Animals and the Environment*, 159–184.
https://www.utoledo.edu/al/psychology/pdfs/comphearaudio/AuditoryPerception_1992.pdf
(Zugriff am 18.10.22)

Heffner, Henry E. (1998): Auditory awareness. *Applied Animal Behaviour Science* 57 (3-4), 259–268. DOI: 10.1016/S0168-1591(98)00101-4.

Kropsch, M., Lechner, C. (2013): Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft (Report / Umweltbundesamt).
<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0409.pdf> (Zugriff am 18.10.22)

LärmVibrationsArBSchV (2017): Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung vom 6. März 2007 (BGBl. I S. 261), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 5 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3584) geändert worden ist

Marschang, F. (1978): Übersichtsreferat – Zum Problem: Lärm in der modernen Tierzucht und -haltung. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 85, 1-40.

Marquardt, V.; Schäffer, D.; Marx, G.; Prange, H. (1998): Schallanalyse in Schweinehaltungsbetrieben. Vortragstagung d. DGfZ und GfT, Berlin, 23./24.09.1998, in Schäffer et al. (2001): Lärm in der Nutztierhaltung – eine Übersicht, unter besonderer Berücksichtigung der Schweinehaltung. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 108, 60-66.

R Core Team (2021): R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <https://www.R-project.org/>.

Schäffer, D., Marquardt, V., Marx, G., von Borell, E. (2001): Lärm in der Nutztierhaltung – eine Übersicht, unter besonderer Berücksichtigung der Schweinehaltung. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 108, 41-80.

Stephan, E. (1988): Schalleinflüsse auf Tiere. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 95, 83-85.

Talling, J. C., Lines, J. A., Wathes, C. M., Waran, N. K. (1998): The acoustic environment of the domestic pig. Journal of Agricultural Engineering Research 71, 1-12.

TierSchNutztV (2021): Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die zuletzt durch Artikel 1a der Verordnung vom 29. Januar 2021 (BGBl. I S. 146) geändert worden ist.

Unrath, J. (2004): Analyse und Bewertung von Parametern der Produktionsumwelt bei der Milchgewinnung mit automatischen Melksystemen. Dissertation, Humboldt-Universität Berlin.

Venglovský, J., Sasáková, N., Vargová, M., Ondrasovicová, O., Onrasovicvá, S., Hromada, R. et al. (2007): Noise in the animal housing environment. In: Proceedings ISAH, 2007, 995–999. https://www.isah-soc.org/userfiles/downloads/proceedings/Proc_ISAH_2007_Volume_II/184_Venglovsky.pdf (Zugriff am 18.10.22).

Weeks, C., Brown, S. N., Lane, S., Heasman, L., Benson, T., Warriss, P. D. (2009): Noise levels in lairages for cattle, sheep and pigs in abattoirs in England and Wales. *Veterinary Record* (September 12). DOI: 10.1136/vr.165.11.308.

Wegner, B., Spiekermeyer I., Nienhoff, H., Grosse-Kleimann, J., Rohn, K., Meyer, H., Plate, H., Gerhardy, H., Kreienbrock, L., Grosse Beilage, E., Kemper, N., Fels M. (2019): Status quo analysis of noise levels in pig fattening units in Germany. *Livestock Science* 230 (2019) 103847, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103847>.