

Leistungsbewertung von IVC-Systemen - Teil 1: Prüfanweisung -

M. Scheer¹, C. Heinekamp², B. Thull³, R. Wagner⁴ & H.-P. Scheuber⁵

¹TECNIPLAST Deutschland GmbH, Hettenstr. 18, 82383 Hohenpeißenberg, Germany, ²dr. heinekamp Labor- und Institutsplanung GmbH, Gaußstr. 12, 85757 Karlsfeld, Germany, ³TÜV Süddeutschland, Westendstr. 199, 80686 München, Germany, ⁴LTG-Aktiengesellschaft, Grenzstr. 7, 70435 Stuttgart, Germany, ⁵Tier-schutzInformationsZentrum für die Biomedizinische Forschung (TIZ-BIFO) der Medizinischen Fakultät, Abteilung für Klinische Biochemie in der Chirurgischen Klinik, Klinikum Innenstadt, Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München, Nußbaumstr. 20, 80336 München, Germany

Mitglieder der Arbeitsgruppe IVC-Hersteller / Techniker:

M. Scheer (Sprecher), TECNIPLAST Deutschland GmbH, Hohenpeißenberg (D) und Ch. Heinekamp (Sprecher), dr.heinekamp Labor- und Institutsplanung GmbH Karlsfeld (D); A. Brunink, PLEXX, PW-Elst (NL); J. Camphuis, UNO ROESTVASTAAL BV, AA Zevenaar (NL); D. Clark, BioZone Inc. North American Headquarters, Fort Mill (USA); M. Jung, PLEXX-EMSICON JUNG GMBH, Forstinning (D); P. Leonhardt, SCANBUR AS, Koge (DK); J. MacArthur Clark, BioZone Ltd. European Head Office, Margate (UK); I.M. Müller, dr. heinekamp Labor- und Institutsplanung GmbH Berlin (D); P. Oehlert, EHRET GmbH & Co. KG, Emmendingen (D); H. Rittlinger, MBS-Haltungssysteme Hockenheim (D); B. Thull, TÜV Süddeutschland, München (D); H. Untiedt, E. Becker & Co. GmbH, Castrop-Rauxel (D) und R. Wagner, LTG-Aktiengesellschaft, Stuttgart (D).

INHALT

	<i>Seite</i>
1. Vorwort	3
2. Anwendungsbereich und Zweck	4
3. Begriffe und Definitionen	5
4. Lüftungstechnische Systembeschreibung	8
4.1 Lüftungstechnische Parameter Käfig	8
4.1.1 Prüflaborkäfig	8
4.1.2 Strömungsgeschwindigkeit	9
4.1.2.1 Messaufbau und Messverfahren	9
4.1.2.2 Messauswertung und Grenzwerte	10
4.1.3 Druckdifferenz	10
4.1.3.1 Messaufbau und Messverfahren	11
4.1.3.2 Messauswertung und Grenzwerte	11
4.1.4 Lokale Luftwechselrate	11
4.1.4.1 Messaufbau und Messverfahren	11
4.1.4.2 Messauswertung und Grenzwerte	12
4.1.5 Kurzschlussanteil	12
4.1.5.1 Messaufbau und Messverfahren	12
4.1.5.2 Messauswertung und Grenzwerte	13
4.1.6 Leckluft	13
4.1.6.1 Messaufbau und Messverfahren	13
4.1.6.2 Messauswertung und Grenzwerte	14
4.2 Lüftungstechnische Parameter Käfiggestell	14
4.2.1 Messkäfig	14
4.2.2 Verteilung der Druckdifferenzen über das Käfiggestell	15
4.2.2.1 Messaufbau und Messverfahren	15
4.2.2.2 Messauswertung und Grenzwerte	16
4.2.3 Verteilung der Luftwechselraten über das Käfiggestell	16
4.2.3.1 Messaufbau und Messverfahren	16
4.2.3.2 Messauswertung und Grenzwerte	17
4.2.4 Leckluft des Käfiggestells	17
4.2.4.1 Messaufbau und Messverfahren	17
4.2.4.2 Messauswertung und Grenzwerte	18
4.2.5 Falschluffeffekte	18
4.2.5.1 Messaufbau und Messverfahren	18
4.2.5.2 Messauswertung und Grenzwerte	18

5.	Klimatechnische Parameter: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit	19
6.	Spezifikation der Filtersysteme	19
7.	Schalltechnische Parameter	19
7.1	Lärm	19
7.1.1	Messaufbau und Messverfahren	19
7.1.2	Messauswertung und Grenzwerte	21
7.2	Körperschwingung	21
7.2.1	Messaufbau und Messverfahren	21
7.2.2	Messauswertung und Grenzwerte	22
8.	Störmeldungen	22
	Anhang A: Normen/Richtlinien und Publikationen	22
	Anhang B: Schalltechnische Betrachtungen zur Kombination "Lüftungseinheit und Käfiggestell"	24

1. Vorwort

Durch die Einführung von IVC-Systemen gelangten neue, komplexe und technische Einrichtungen in die Tierräume von Tierlaboratorien. Die Beurteilung der Technik dieser Systeme sind für die Haltungsbedingungen entscheidend. Andererseits war eine einheitliche Erfassung und Beurteilung der technischen Zusammenhänge nicht vorhanden.

Vor diesem Hintergrund startete im Herbst 2000 das TierschutzInformationsZentrum für die Biomedizinische Forschung (TIZ-BIFO) der Medizinischen Fakultät, eine Arbeitsgemeinschaft an der Ludwig-Maximilians-Universität München, die Initiative, einen Kriterienkatalog zum Nachweis umwelt- und lüftungstechnischer Parameter an ventilierten Käfigsystemen zu erarbeiten. Für dieses Vorhaben wurden Nutzer, Planer, Herstellerfirmen und Prüfinstitutionen sowie Mitarbeiter versuchstierkundlicher Verbände aus Europa zur Mitarbeit eingeladen.

In der Folgezeit hat man in Fachgesprächen sowie in themenspezifischen Arbeitsgruppen entsprechende Parameter und Messmethoden erarbeitet. Zielsetzung dabei war es, die für das Wohlbefinden der Tiere relevanten Einflussfaktoren zu erfassen, ohne für die Bewertung Versuchstiere zu verwenden. Die gewonnenen technischen Erkenntnisse können als Basis für weitere tierphysiologische Untersuchungen genutzt werden.

2. Anwendungsbereich und Zweck

Diese Prüfanweisung gilt für zwangsbelüftete Käfigsysteme, wie sie in der Versuchstierkunde insbesondere für die Haltung von Mäusen und Ratten eingesetzt werden. Sie gilt für Systeme, die mit Unter- und mit Überdruck arbeiten.

Die Anweisung gilt nicht für offene Käfighaltungen und nicht für Käfige in Isolatoren sowie nicht für belüftete Käfigregalschränke (Ventilated Cabinets).

Zweck dieser Prüfanweisung ist es, Prüfparameter und -verfahren zur Erfassung und Bewertung von Lüftungs-, Klima- und schalltechnischen Einflussfaktoren sowie von Störmeldungen zu definieren. Somit können für IVC-Systeme Qualitätsstandards vorgegeben und deren Einhaltung objektiv nachgeprüft werden.

Anmerkung:

Bei der Erstellung dieser Prüfanweisung war bekannt, dass die überwiegende Anzahl aller eingesetzten IVC-Systeme mit dezentraler Luftversorgung arbeitet, d.h., dass (bei den Gestellen installierte) Gebläseeinheiten die Luftver- und Entsorgung der Käfige übernehmen. Nur in wenigen Fällen wird diese Funktion mit einer zentralen Luftversorgung realisiert.

Die Entscheidung, bei dieser Prüfanweisung dennoch die Schnittstelle am Anschlussstutzen des Gestells zu setzen, erfolgte aus folgenden Gründen:

1. Für die Luftversorgung der Tiere muss es unerheblich sein, wie die Zu- und Abluft bereitgestellt wird.
2. Die Komplexität der Gebläseeinheiten sowie die Vielzahl möglicher Anbindungs- und Aufstellungsvarianten würde den Rahmen dieser Prüfanweisung zeitlich als auch inhaltlich bei weitem sprengen.

Hinweis:

Eine Liste von anwenderorientierten Entscheidungskriterien zur Bewertung von IVC-Systemen an Hand technisch nicht (oder nur schwer) quantifizierbarer Größen (wie z.B. Handhabung, Service, Hygieneaspekte etc.) ist in einem Teil 2 dargestellt. Dieser Teil 2 trägt den Titel "Bewertungskriterien" und bildet zusammen mit dem vorliegenden Teil 1 ("Prüfanweisung") die "Leistungsbewertung von IVC-Systemen".

3. Begriffe und Definitionen

Akustikprüfkäfig:

Dies ist ein Serienkäfig, bei dem durch Bohrungen an der Stirnseite Messmikrofone und Schwingungssensoren eingeführt werden können, mit denen z. B. in einem Prüflabor die Schall- und Schwingungseigenschaften an verschiedenen Stellen im Käfig gemessen werden können. Diese Messungen können an verschiedenen Positionen des Käfigs im Gestell durchgeführt werden.

Cross-Kontamination:

Auch Kreuzkontamination genannt; Verschleppung oder Übertragung von Keimen o.Ä. von einer mikrobiologischen Einheit in eine andere; z.B. Keimübertragung von einem (Einzel-) Käfig in einen anderen.

Druckdifferenz:

Im Folgenden ist von der Druckdifferenz Δp_{R-K} die Rede; dabei ist die Druckdifferenz zwischen dem Inneren des Käfigs und seiner Umgebung (**R**aum) gemeint; diese wird in der Regel in Pa (Pascal) angegeben.

Einstreu:

Material (meist auf der Basis von Holzspänen), das in die Käfige gestreut wird (ca. 2 cm hoch), damit die Tiere nicht auf dem blanken Kunststoffboden sitzen.

Einzelkäfig:

Hier wird der einzelne Käfig für sich alleine betrachtet. Als Gegensatz dazu wird manchmal die Gesamtheit aller Käfige im Gestell betrachtet.

Falschluffeffekte:

Effekte, wo Luft so strömt, wie sie aus technisch-hygienischer Sicht nicht strömen sollte; z.B. Cross-Kontamination zwischen den einzelnen Käfigen eines Gestells oder Einströmen ungefilterter Luft in die Käfige bei Überdruck.

Filtersysteme:

Alle Filter, die im System verwendet werden. Dies können etwa Vorfilter und HEPA-Filter (High Efficiency Particle Arrestance) sein, die in den Gebläseeinheiten verwendet werden oder Mikro-Filter, die die Zuluft in die Käfige bzw. die Abluft aus den Käfigen im/am Käfig filtern.

Hitzedraht-Anemometer:

Gebräuchliches Messinstrument zur Ermittlung von Luftgeschwindigkeiten. Dabei wird ein dünner Draht von Strom durchflossen, wodurch er sich erwärmt. Wenn er von einer Luftströmung gekühlt wird, ändert sich der elektrische Widerstand. Das Signal dieser Widerstandsänderung kann dann in eine Luftgeschwindigkeit(sänderung) umgewandelt werden.

IVC:

Individually **V**entilated **C**age; deutsch: Einzelbelüfteter Käfig (ungebräuchlich). Darunter versteht man Käfigsysteme, die einen Hygiene-/Allergieschutz für Tier und Mensch/Umgebung auf Käfigebene bieten. Dies wird erreicht, indem der Käfig durch

eine sog. Käfighaube verschlossen wird. Damit die Tiere trotzdem mit Luft versorgt werden, sind dann entsprechende Be- und/oder Entlüftungsgebläse erforderlich, die eine Durchströmung der Käfige mit Luft bewirken.

IVC-Käfig-Gestell:

Gestell zur Aufnahme von IVC-Käfigen (in Reihen und Spalten); meist fahrbar; in der Regel aus Edelstahl; das Käfiggestell (auch Rack genannt) ist das Bindeglied zwischen den IVC-Käfigen und den Be- und Entlüftungsgebläsen.

Käfighaube:

dient zum Verschließen der Käfige. Ohne die Käfighauben wären es "Offene Käfige", die dann eben keinen Schutz auf Käfigebene bieten könnten (vgl. IVC).

Kurzschlussanteil:

Derjenige Anteil der Luft, der vom Lufteinlass direkt zum Luftauslass des IVC-Käfigs gelangt, ohne dabei den Aufenthaltsbereich der Tiere zu durchströmen.

Leckluft:

Diejenige Luft(menge), die aus Öffnungen oder zwischen Käfig und Käfighaube aus dem Käfig entweicht (bei Überdruck) bzw. in diesen einströmt (bei Unterdruck). Leckluft ist keine Falschlufft, sie ist jedoch eine Kenngröße für die Dichtigkeit des Systems "Käfigschale-Käfighaube-Käfiggestell".

Lokale Luftwechselrate:

Siehe Luftwechselrate.

Luftwechselrate, oft mit LWR abgekürzt:

Die Luftwechselrate gibt an, wie oft die Luft – z. B. in einem Käfig – pro Zeit ausgetauscht wird. Sie wird in 1/Std. angegeben. IVC-Systeme werden häufig mit LWR zwischen 30 und 90 1/Std. betrieben. Wenn nichts anderes angegeben ist, meint man einen Luftwechsel bei dem man eine gleichmäßige Durchströmung des ganzen Käfigvolumens unterstellt. Ein Sonderfall ist die lokale LWR; hier ist die LWR an einem bestimmten Ort im Käfig gemeint. Bei gleichmäßiger Durchströmung innerhalb des Käfigs werden diese Werte nicht wesentlich voneinander abweichen.

Messkäfig:

Der Messkäfig wird verwendet, um die Homogenität der Luftverteilung in einem IVC-Gestell messen zu können. Dazu ist er mit den erforderlichen Mess- und Anzeigeelementen ausgestattet.

Prüflaborkäfig:

Dies ist ein Käfig, bei dem durch seitliche Bohrungen Messsonden eingeführt werden können, mit denen z. B. in einem Prüflabor die Luftgeschwindigkeiten oder die lokalen LWR an verschiedenen Stellen im Käfig gemessen werden können.

Rauchröhrchentest:

Optisches Testverfahren, bei dem man durch Aerosole die Luftbewegung visualisiert und durch Beobachtung bewertet. Dabei kann der Rauch durch Rauchröhrchen oder Ähnliches erzeugt werden.

Schalltechnik:

Hier: Technik zur Messung und Bewertung der Lärmexposition für die Tiere.

Störmeldung:

Meldungen des Systems, dass Störungen (Abweichung der Istwerte von den Sollwerten) vorliegen. Qualifizierte Störmeldungen sagen zusätzlich noch etwas über die Art der Störungen aus, z. B. kann eine Differenzierung erfolgen, ob es sich um eine Störung durch Spannungsausfall oder durch Funktionsstörung handelt. Die Meldungen können vor Ort angezeigt und/oder über potentialfreie Kontakte weitergeleitet werden, etwa an eine Gebäudeleitstelle.

Strömungsgeschwindigkeit:

Geschwindigkeit, mit der ein Fluid (z. B. ein Flüssigkeit oder ein Gas) strömt.

Tracergas-Analyse:

Ein Untersuchungsverfahren, bei dem man einen Raum mit einem bestimmten Gas, dem Tracer-Gas füllt und anschließend über die Messung der abnehmenden Konzentration dieses Gases Schlüsse auf die LWR zieht.

Tränkeflasche:

Flasche – in der Regel aus Kunststoff – mit einem Füllvolumen zwischen 200 und 1000 ml, in der die Trinkflüssigkeit für die im Käfig befindlichen Versuchstiere ist.

Unter- / Überdruck:

Unterdruck und Überdruck sind die Betriebszustände, in denen IVC's betrieben werden.

Unterdruckbetrieb bedeutet, dass im Käfig ein geringerer Druck als im umgebenden Raum herrscht, d.h. dass die Leckluft von außen nach innen strömt und damit keine Luft aus dem Käfig nach außen gelangen kann. Ziel dabei ist, die Nutzer/Umgebung – etwa vor Keimen infizierter Tiere – zu schützen (Emissionsschutz).

Im Überdruckbetrieb verhält es sich analog umgekehrt: Durch höheren Druck im Käfig strömt Leckluft von innen nach außen. Ziel dabei ist der Schutz der Tiere (Immissionsschutz).

Zentrale- / Dezentrale Belüftung:

Bei zentraler Belüftung sind im Tierraum keine Gebläseeinheiten; vielmehr werden die Käfiggestelle über sog. Anschlussboxen an bauseitige Zu- und Abluftleitungen angeschlossen.

Bei dezentralen Systemen sind in den Tierräumen Gebläseeinheiten vorhanden, welche die Käfiggestelle mit Zuluft versorgen bzw. die Abluft aus den Käfiggestellen saugen. Wahlweise wird diese Abluft nicht in den Raum geleitet sondern in die Raumabluftleitung.

4. Lüftungstechnische Systembeschreibung

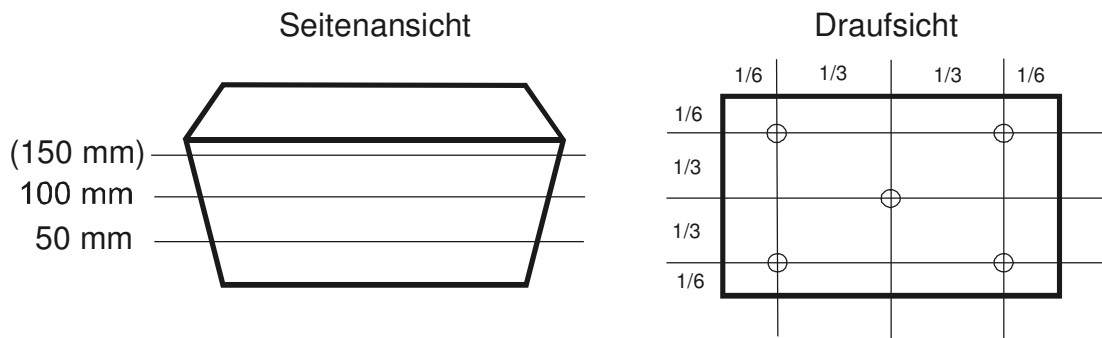
Im Folgenden werden die Lüftungstechnischen Parameter des gesamten Systems beschrieben, wobei nach Parametern des (Einzel-)Käfigs (4.1) und nach Parametern des Käfiggestells (4.2) differenziert wird.

4.1 Lüftungstechnische Parameter Käfig

Hier werden die Luftverhältnisse in einem einzelnen Käfig beschrieben. Schnittstellen zum Käfiggestell sind die Einström- und Ausströmöffnungen / Ventile.

4.1.1 Prüflaborkäfig

Um die Luftverhältnisse eines Käfigs vergleichbar und eindeutig zu erfassen, ist ein spezieller Prüflaborkäfig dieses Käfigtyps notwendig. Dieser entspricht zunächst einem Serienkäfig dieses Typs. Durch Anbringen von Bohrungen wird jedoch die Möglichkeit geschaffen, Messsonden einzuführen. Diese können an verschiedenen Stellen im Prüflaborkäfig Messsignale aufnehmen. Die Lage der 5 Messpunkte pro Messebene ist dabei wie folgt im Käfig definiert:



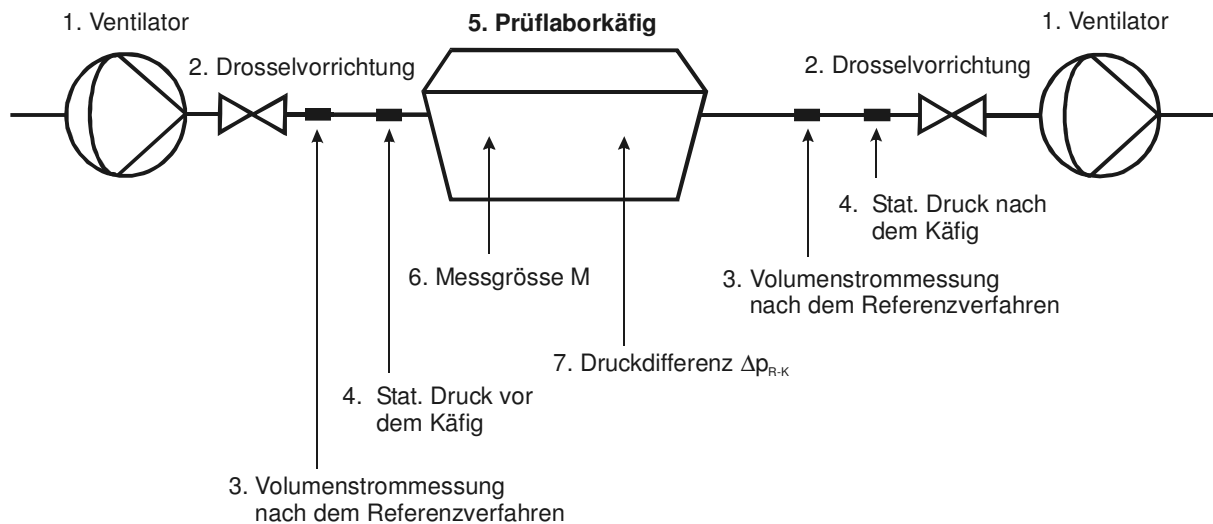
Anmerkungen zur Anbringung / Gestaltung der Bohrungen:

1. In eine Seitenwand des Käfigs werden (pro Ebene drei) Bohrungen angebracht, durch die Messsonden so horizontal eingeführt werden, dass sie an den Schnittpunkten (vgl. Draufsicht) die Messsignale aufnehmen können.
2. Um eine Verfälschung der tatsächlichen Gegebenheiten zu vermeiden, sind die Bohrungen so auszuführen, dass zwischen Messsonde und Bohrung keine Luft strömen kann. Auch sind während der Messungen an einer Bohrung alle anderen Bohrungen abzudichten.
3. Messpunkte die durch die Futterraufe oder die Flaschenhalterung verdeckt werden, entfallen. Dies ist im Messprotokoll anzugeben.
4. Erst ab einer Käfig- (Schalen-) Höhe über 180 mm sind Messungen in der dritten Messebene erforderlich (150 mm), darunter reichen zwei Ebenen (50 mm und 100 mm).
5. Die Messungen sollen mit eingelegter Tränkeflasche erfolgen. Ist dies nicht möglich, so ist dies im Messprotokoll anzugeben.

4.1.2 Strömungsgeschwindigkeit

4.1.2.1 Messaufbau und Messverfahren

Zur Durchführung der Messungen wird der Prüflaborkäfig in einen Messaufbau nach folgendem Schema eingebaut:



Dieser Messaufbau ist wie folgt charakterisiert:

1. Ventilatoren (zur Simulation von Überdruck- bzw. Unterdruckbetrieb)
2. Drosseleinrichtungen
3. Geeignete Volumenstrom-Messeinrichtungen
4. Messstellen für statischen Druck
5. Prüflaborkäfig
6. Messgröße M, die geeignet ist, die Luftströmung zu bestimmen
7. Messstelle: Druckdifferenz zwischen Käfiginnenraum und Raum

Messvoraussetzungen:

Die Messungen werden bei eingelegter Trinkflasche sowie ohne Einstreu und Futter durchgeführt.

Messverfahren:

Zur Messung ist ein geeignetes Hitzedrahtanemometer einzusetzen. Die Messgenauigkeit sollte $\pm 0,02$ m/s nicht überschreiten. Die Möglichkeit der Messwertspeicherung und Mittelwertberechnungen sollten im Gerät integriert oder mittels einer Datenerfassung möglich sein.

Anmerkungen:

1. Wird an Stelle des Prüflaborkäfigs ein Standardkäfig in den Messaufbau eingesetzt, so ermöglicht dies eine Aussage darüber, ob der Prüflaborkäfig eine signifikant andere Durchströmung als der Standardkäfig aufweist.

2. Es kann – je nach Zweck der Messung – von entscheidender Bedeutung sein, ob die Kopplung des Prüflaborkäfigs an den Messaufbau so gestaltet ist, dass an den Koppelstellen keinerlei Undichtigkeit möglich ist oder so, wie dies dem tatsächlichen Betrieb in der Praxis entspricht. Daher ist stets anzugeben, ob der Prüflaborkäfig "völlig dicht angekoppelt" oder "wie im Normalbetrieb angekoppelt" wurde.

4.1.2.2 Messauswertung und Grenzwerte

Da die verschiedenen am Markt befindlichen IVC-Systeme zum Teil mit sehr unterschiedlichen Durchströmungsprinzipien arbeiten, sind keine generellen Luftwechselraten (LWR) zu Grunde zu legen, bei denen die Messungen der Luftgeschwindigkeiten durchzuführen sind. Vielmehr ist wie folgt zu verfahren:

Jeder Hersteller von IVC-Systemen hat anzugeben, in welchem LWR-Bereich er den Betrieb seines Systems empfehlen kann. Dann sind Messungen für drei LWR durchzuführen:

- für die untere LWR,
- für die LWR in der Mitte des genannten LWR-Bereichs,
- für die obere LWR.

Die Auswertung muss (bevorzugt in Tabellenform) die Luftgeschwindigkeiten für die drei LWR an den verschiedenen Messpunkten wiedergeben.

Als oberer Grenzwert wird der vom Menschen als Zugluft empfundene Bereich oberhalb einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,2 m/s angesehen. Es sollte daher an jedem Messpunkt in jeder Messebene eine Geschwindigkeit von 0,2 m/s nicht überschritten werden.

Die Auswertung ist durch eine geeignete Fehlerbetrachtung zu ergänzen.

4.1.3 Druckdifferenz

Die Luftmengen (bzw. LWR), die Dichtigkeit des Käfigs und die Druckdifferenz zwischen dem Käfiginneren und dem umgebenden Raum stellen ein Wertetripel dar, bei dem nach Festlegung der ersten beiden Werte in der Regel die dritte Größe bereits festgelegt ist.

Anders als die LWR, die als einstellbarer Parameter direkt durch Veränderung der Luftmengen linear erhöht bzw. vermindert wird, ist die Druckdifferenz zwischen dem Käfiginneren und dem umgebenden Raum in der Regel die Resultierende aus eingestellter LWR und der Dichtigkeit des Käfigs.

D.h. die Druckdifferenz wird (in den meisten Fällen) nicht als primäre Zielgröße eingestellt, um dann die resultierende LWR abzulesen, sondern man geht den umge-

kehrten Weg, indem man die Luftmengen in Zu- und Abluft entsprechend einstellt bis die gewünschte LWR gegeben ist und der gewünschte Druckstatus erreicht wird.

Daher ist zum Verständnis der in den folgenden Abschnitten 4.1.3.1 und 4.1.3.2 beschriebenen Verfahren stets der enge Zusammenhang zum Abschnitt 4.1.2 zu beachten.

4.1.3.1 Messaufbau und Messverfahren

Der Messaufbau ist identisch mit dem in Abschnitt 4.1.2. Dort ist (in dem Schema als Ziffer 7) bereits die Messung der Druckdifferenz dargestellt.

Die Lage der Messstelle im Käfig ist für die Messung irrelevant, da innerhalb des Käfigs keine (messbaren) Druckgradienten auftreten werden. Es muss jedoch sichergestellt sein, dass lediglich der statische Druck gemessen wird und keine dynamischen Komponenten ("Staudruck") einfließen können.

Als Messverfahren ist eine geeignete Messung, z.B. mittels piezoelektrischer Druckaufnehmer, einzusetzen. Die Messungenauigkeit sollte kleiner als 5% des maximalen Druckes sein, wobei sie 2 Pa nicht überschreiten darf.

4.1.3.2 Messauswertung und Grenzwerte

Die Erfassung der Differenzdruck-Werte hat in allen (LWR-) Fällen zu erfolgen, bei denen die Luftgeschwindigkeiten gemessen werden.

Die Auswertung kann u.U. gemeinsam in der Tabelle dargestellt werden, in der die Luftgeschwindigkeiten dokumentiert sind (vgl. 4.1.2.2).

Es wird erwartet, dass die Druckdifferenzen zwischen -40 Pa und $+40$ Pa liegen.

Die Auswertung ist durch eine geeignete Fehlerbetrachtung zu ergänzen.

4.1.4 Lokale Luftwechselrate

4.1.4.1 Messaufbau und Messverfahren

Die Messung der lokalen Luftwechselrate erfolgt im Prüflaborkäfig an den 5 Messpunkten der unteren Messebene (Messebene und Messpunkte entsprechend 4.1.1).

Messvoraussetzungen:

Die Messungen werden bei eingelegter Tränkeflasche sowie ohne Einstreu und Futter durchgeführt. Sie erfolgen für beide Betriebszustände (Unterdruck und Überdruck) bei den drei vom Hersteller genannten (vgl. 4.1.2.2) LWR. Zeitgleich erfolgt die Druckdifferenzmessung entsprechend 4.1.3.

Messverfahren:

Zur Einstellung der vom Hersteller vorgegebenen LWR wird z.B. eine kalibrierte Gasuhr oder andere gleichwertige Messverfahren eingesetzt.

Für die Bestimmung der lokalen LWR ist die Konzentrationsabkling-Methode unter Verwendung eines Tracergases anzuwenden. Hierbei wird ein Tracergas (z.B. N₂O) in den Käfig injiziert und der Konzentrationsabfall an den einzelnen Messpunkten in Abhängigkeit über die Zeit gemessen. Diese Messung ist dreimal zu wiederholen.

4.1.4.2 Messauswertung und Grenzwerte

Bei einer idealen Vermischung des Tracergases mit der Luft innerhalb des Käfigs folgt das Abklingen des Volumengehaltes des Tracergases der Gleichung:

$$\sigma_t = \sigma_{t=t_0} * e^{-nt} \quad (1)$$

Aus zwei Messwerten ergibt sich die Luftwechselzahl n nach der Gleichung:

$$n = \frac{1}{t_2 - t_1} * \ln \frac{\sigma_{t=t_1}}{\sigma_{t=t_2}} \quad (2)$$

n	Luftwechselzahl in h ⁻¹
t	Zeitpunkt der Probenahme des Tracergases
$\sigma_{t=t_0}$	Startvolumengehalt des Tracergases zur Zeit t ₀ (Injektionsbeginn)
$\sigma_{t=t_1}$	Volumengehalt des Tracergases zur Zeit t ₁
$\sigma_{t=t_2}$	Volumengehalt des Tracergases zur Zeit t ₂

Die mittlere Luftwechselzahl \bar{n} lässt sich nach geeigneter Umformung der Gleichung (1) (Logarithmieren) mit Hilfe einer Ausgleichsrechnung (lineare Regression), die z.B. mit einem Tabellenkalkulationsprogramm ausgeführt werden kann, als Betrag der Steigung der Regressionsgeraden berechnen.

Da bislang keine Erfahrungen für sinnvolle Grenzwerte der zulässigen Streuung der lokalen LWR vorliegen, ist die Standardabweichung anzugeben. Die Auswertung ist durch eine geeignete Fehlerbetrachtung zu ergänzen.

4.1.5 Kurzschlussanteil

4.1.5.1 Messaufbau und Messverfahren

Der Kurzschlussanteil wird mit der Tracergas-Methode unmittelbar hinter dem Luftaustritt gemessen.

Messvoraussetzungen und Messverfahren (siehe 4.1.4.1).

4.1.5.2 Messauswertung und Grenzwerte

Der Kurzschlussanteil wird über eine Analyse der Abklingkurve ermittelt. Die Auswertung der Abklingkurve erfolgt nach 4.1.4.2.

Der maximal zulässige Kurzschlussanteil beträgt 10%. Die Auswertung ist durch eine geeignete Fehlerbetrachtung zu ergänzen.

4.1.6 Leckluft

4.1.6.1 Messaufbau und Messverfahren

Die Leckluftrate lässt sich wie folgt definieren:

$$\text{bei Überdruck: } \frac{\text{gewollt} \cdot \text{an} \cdot \text{Lecks} \cdot \text{entweichendes} \cdot \text{Luftvolumen}}{\text{Zuluftvolumen}}$$

bei Überdruck:

Gewollt an Lecks entweichendes Luftvolumen = Zuluftvolumenstrom minus Abluftvolumenstrom

$$\text{bei Unterdruck: } \frac{\text{gewollt} \cdot \text{an} \cdot \text{Lecks} \cdot \text{einströmendes} \cdot \text{Luftvolumen}}{\text{Abluftvolumen}}$$

bei Unterdruck:

Gewollt an Lecks einströmendes Luftvolumen = Abluftvolumenstrom minus Zuluftvolumenstrom

Die Leckluft lässt sich durch Vergleich des Zuluftvolumens mit dem Abluftvolumen ermitteln. Die Prüfung erfolgt mit 10 Käfigen, die der laufenden Produktion entnommen wurden.

Messvoraussetzungen:

Zur Erzielung gleicher Verhältnisse wie im Käfiggestell müssen die Käfige in eine Einzelkäfighalterung – unter gleichen Bedingungen wie im Käfiggestell (Aufnahmeschienen, Halterungen, Zu- und Abluftanschlüsse, Anpressdruck an die Dichtungen etc.) – eingesetzt werden, damit an den Koppelstellen die gleiche Dichtigkeit/Undichtigkeit wie im Käfiggestell gegeben ist.

Messaufbau: siehe Abbildung in 4.1.2.1.

Weitere Messvoraussetzungen: siehe 4.1.4.1.

4.1.6.2 Messauswertung und Grenzwerte

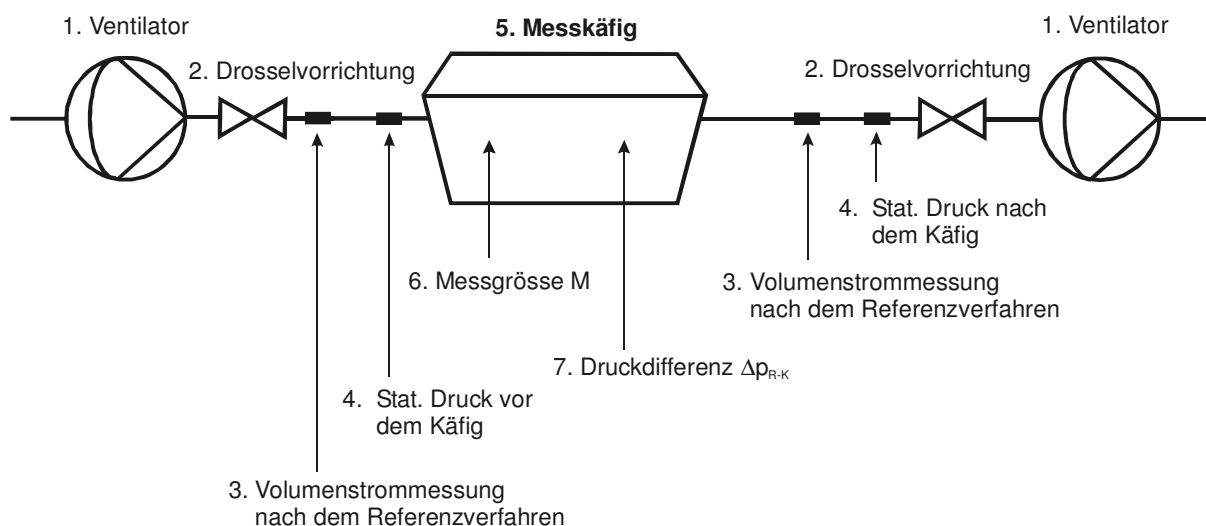
Die Leckluft rate lässt sich wie unter 4.1.6.1 definiert berechnen.

Grenzwerte existieren bislang nicht. Die Auswertung ist durch eine geeignete Fehlerbetrachtung zu ergänzen.

4.2 Lüftungstechnische Parameter Käfiggestell

4.2.1 Messkäfig

Die Luftwechselrate im Käfig wird an den verschiedenen Positionen im Käfiggestell mittels eines Messkäfigs bestimmt. Dieser Messkäfig soll so gestaltet sein, dass sich die Luftwechselrate rückwirkungsfrei an den verschiedenen Positionen im Käfiggestell ermitteln lässt. Zur Kalibrierung des Messkäfigs ist dieser dicht (ohne Leckluftmöglichkeiten an den Zu- und Abluftöffnungen) in folgenden Prüfaufbau einzubauen.



Dieser Messaufbau ist wie folgt charakterisiert:

1. Ventilatoren (zur Simulation von Überdruck- bzw. Unterdruckbetrieb)
2. Drosseleinrichtungen
3. Geeignete Volumenstrom-Messeinrichtungen
4. Messstellen für statischen Druck
5. Messkäfig
6. Messgröße M, die geeignet ist, die Luftströmung zu bestimmen
7. Messstelle: Druckdifferenz zwischen Käfiginnenraum und Raum

Um die mit dem Messkäfig gewonnenen Ergebnisse auf die Standardkäfige übertragen zu können, ist zunächst nachzuweisen, dass die Einbauten im Messkäfig keine ungewünschten Rückwirkungen auf das Strömungsverhalten haben. Dieser Nach-

weis der Rückwirkungsfreiheit erfolgt durch den Vergleich der statischen Drücke beim Messkäfig bzw. bei den Standardkäfigen. Die Kalibrierung erfolgt in beiden Betriebszuständen (Überdruck und Unterdruck) in einem LWR-Bereich vom 0,5-fachen der minimalen LWR bis zum 1,5-fachen der maximalen LWR (gemäß Herstellerangabe, vgl. 4.1.2.2). Für jeden gemessenen Betriebszustand ist eine Kalibrierfunktion (Formel, Kurve, Tabelle u.s.w.) anzugeben.

Anmerkung:

Werden in Versuchstierhaltungen Messkäfige zur Beurteilung der Luftverhältnisse in Käfiggestellen eingesetzt, so ist zu beachten, dass Messkäfige stets ihre ursprüngliche Dichtigkeit behalten, da sie – anders als die mit Tieren besetzten Käfige – keine Veränderungen durch Waschen, Autoklavieren und Nutzung erfahren.

4.2.2 Verteilung der Druckdifferenzen über das Käfiggestell

4.2.2.1 Messaufbau und Messverfahren

Die Druckdifferenz zwischen Käfig und Raum wird üblicherweise über die Öffnung für die Tränkeflasche ermittelt. Normalerweise wird hierzu eine Standard-Tränkeflasche mit einer Öffnung am Flaschenboden und einem Anschlussstück für einen flexiblen Schlauch verwendet, der an ein Druckmessinstrument angeschlossen wird. Alternativ dazu kann eine Vorrichtung verwendet werden, die die Tränkeflasche simuliert. Die Druckmesseinrichtung ist durch die Öffnung in die Käfige an allen Käfigplätzen des komplett bestückten Gestells einzuführen und die in den Käfigen gemessene Druckdifferenz zu dokumentieren.

Wenn ein Käfigsystem ohne von außen zugängliche Tränkeflaschenöffnung zum Einsatz kommt, muss ein Standardkäfig mit Anschlussstück für einen flexiblen Schlauch verwendet werden, der an ein Druckmessinstrument angeschlossen wird. Dieser Käfig wird an jeder Gestellposition eingeschoben, wobei alle anderen Käfigplätze belegt sind. Dabei ist zu beachten, dass mit dieser Messmethode die Streuung der Fertigungstoleranzen der Käfige nicht erfasst wird.

Es ist auch der Einfluss von nicht belegten Käfigplätzen zu dokumentieren. Dazu gibt der Hersteller an, wieviele Käfige gleichzeitig vertikal und/oder horizontal entnommen werden dürfen. Für die teilbestückten Gestelle ist dann die Druckdifferenzverteilung zu dokumentieren.

Messvoraussetzungen:

Die Messungen werden ohne Einstreu und Futter durchgeführt. Sie erfolgen für beide Betriebszustände (Unterdruck und Überdruck) bei den drei vom Hersteller genannten LWR (vgl. 4.1.2.2).

Messverfahren:

Die Messung erfolgt üblicherweise mit einem piezoelektrischen Druckaufnehmer. Die Messungenauigkeit sollte kleiner als 5 % der maximalen Druckdifferenz sein, wobei sie 2 Pa nicht überschreiten darf.

4.2.2.2 Messauswertung und Grenzwerte

Für die Auswertung gilt folgende Homogenitätsvorschrift:

Der Absolutbetrag des Mittelwertes von Δp_{R-K} muss größer sein als 1,2 x der Absolutbetrag der Differenz $\Delta p_{R-K \max} - \Delta p_{R-K \min}$.

D.h.:

$$\left| \Delta p_{R-K \text{ mittel}} \right| \geq 1,2 * \left| \Delta p_{R-K \max} - \Delta p_{R-K \min} \right|$$

Es gelten dabei folgende Grenzwerte:

Überdruckbereich $\Delta p_{R-K \text{ mittel}} < 40 \text{ Pa}$

Unterdruckbereich $\Delta p_{R-K \text{ mittel}} > - 40 \text{ Pa}$

Teil der Auswertung ist auch eine geeignete Gegenüberstellung der Messwerte des vollbestückten zum teilbestückten Gestell.

Dabei ist Folgendes zu beachten:

Die Messung mit Tränkeflaschen (o.Ä.) liefert Ergebnisse, bei denen die Streuung beides beinhaltet: die Undichtigkeit der Einzelkäfige und die Verschiedenheit der Druckverteilung über das Käfiggestell.

Im Gegensatz dazu liefert die Messung mit dem oben beschriebenen Käfig nur eine Aussage über die Inhomogenität der Druckverteilung im Käfiggestell.

Die Auswertung ist durch eine geeignete Fehlerbetrachtung zu ergänzen.

4.2.3 Verteilung der Luftwechselraten über das Käfiggestell

4.2.3.1 Messaufbau und Messverfahren

Für die Messung der Verteilung der Luftwechselrate über das Käfiggestell wird ein kalibrierter Messkäfig gemäß 4.2.1 benutzt. Im vollständig bestückten Käfiggestell wird für jede Position der Standardkäfig gegen den Messkäfig ausgetauscht und die Luftwechselrate gemessen.

Messvoraussetzungen:

Die Messungen werden ohne Einstreu und Futter durchgeführt. Sie erfolgen für beide Betriebszustände (Unterdruck und Überdruck) bei den drei vom Hersteller genannten LWR (vgl. 4.1.2.2).

Messverfahren:

Die Messung erfolgt mit einem rückwirkungsfreien Messverfahren (vgl. 4.2.1).

4.2.3.2 Messauswertung und Grenzwerte

Der kleinste LWR-Wert muss größer sein als 0,85 x LWR-Mittelwert:

$$LWR_{\min} > 0,85 * LWR_{\text{mittel}}$$

Der größte LWR-Wert muss kleiner sein als 1,15 x LWR-Mittelwert:

$$LWR_{\max} < 1,15 * LWR_{\text{mittel}}$$

Die Auswertung muss (bevorzugt in Tabellenform) die LWR an den verschiedenen Käfigplätzen wiedergeben.

Die Auswertung ist durch eine geeignete Fehlerbetrachtung zu ergänzen.

4.2.4 Leckluft des Käfiggestells

4.2.4.1 Messaufbau und Messverfahren

In Übereinstimmung mit den Festlegungen beim Einzelkäfig (vgl. 4.1.6.1) werden die Leckluftstraten am Käfiggestell wie folgt definiert:

$$\text{bei Überdruck: } \frac{\text{gewollt} \cdot \text{an} \cdot \text{Lecks} \cdot \text{entweichendes} \cdot \text{Luftvolumen}}{\text{Zuluftvolumen}}$$

bei Überdruck:

Gewollt an Lecks entweichendes Luftvolumen = Zuluftvolumenstrom minus Abluftvolumenstrom

$$\text{bei Unterdruck: } \frac{\text{gewollt} \cdot \text{an} \cdot \text{Lecks} \cdot \text{einströmendes} \cdot \text{Luftvolumen}}{\text{Abluftvolumen}}$$

bei Unterdruck:

Gewollt an Lecks einströmendes Luftvolumen = Abluftvolumenstrom minus Zuluftvolumenstrom

Ein Käfiggestell mit Käfigbestückung aus der laufenden Produktion wird analog des Messaufbaues in 4.1.2.1 sowohl zuluft- als auch abluftseitig an einen Ventilator mit Drosseleinrichtung und geeigneter Volumenstrommesseinrichtung angeschlossen. Die Anschlüsse an das Käfiggestell sollten dicht, d.h. ohne Falschlufmöglichkeit, erfolgen.

Messvoraussetzungen:

Die Messungen werden ohne Einstreu und Futter durchgeführt. Sie erfolgen für beide Betriebszustände (Unterdruck und Überdruck) bei den drei vom Hersteller genannten LWR (vgl. 4.1.2.2).

Messverfahren:

Die Messung erfolgt analog zu 4.1.2.1, wobei anstelle des Prüflaborkäfigs hier das Käfiggestell eingesetzt wird.

4.2.4.2 Messauswertung und Grenzwerte

Die Leckluftrate für das bestückte Käfiggestell lässt sich wie folgt berechnen:

$$\text{bei } \cdot \text{Überdruck: } \frac{\text{Zuluftvolumenstrom} - \cdot \text{Abluftvolumenstrom}}{\text{Zuluftvolumenstrom}}$$

$$\text{bei } \cdot \text{Unterdruck: } \frac{\text{Abluftvolumenstrom} - \text{Zuluftvolumenstrom}}{\text{Abluftvolumenstrom}}$$

Die Grenzwerte ergeben sich aus nachfolgender Plausibilitätsüberlegung:

Die durchschnittliche Leckluftrate der Einzelkäfige (vgl. 4.1.6.) sollte – unter Berücksichtigung der Fehlerbetrachtungen – der Leckluftrate des Käfiggestells entsprechen.

4.2.5 Falschlufteffekte

4.2.5.1 Messaufbau und Messverfahren

Grundsätzlich sind folgende drei Falschlufteffekte zu unterscheiden:

- Ansaugen von Raumluft zwischen dem angekoppelten Käfig und dem Gestell ("Wasserstrahlpumpe").
- Ansaugen von Raumluft in die Zuluftöffnungen des Gestells, wenn dort ein oder mehrere Käfige entnommen wurden ("offene Zuluftdüse").
- Strömung von Käfig zu Käfig ("Cross-Kontamination").

Die Bewertung von Falschlufteffekten ist durch die Überprüfung des Falles b) nach folgendem Verfahren vorzunehmen:

Das Käfiggestell wird im Überdruck betrieben. Bei der niedrigsten, vom Hersteller erlaubten LWR (vgl. 4.1.2.2) wird zunächst ein Käfig entfernt und visuell überprüft, ob Rauch in die offene Zuluftdüse eingesaugt wird (Rauchröhrentest). Anschließend wird die maximale Käfiganzahl – die laut Herstellerangaben jeweils vertikal und/oder horizontal entnommen werden kann – entfernt und der Test dann an jeder freien Zuluftöffnung wiederholt.

4.2.5.2 Messauswertung und Grenzwerte

Es wird dokumentiert, ob über die Zuluftöffnungen ein Mitnahmeeffekt von Raumluft erfolgt.

Anmerkung:

Eine eindeutige, nicht nur visuelle Bewertung zum Fall b) oder weitergehende Aussagen zu den Fällen a) und c) erscheinen derzeit nur mit erheblichem technischen Aufwand möglich.

5. Klimatechnische Parameter: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit

Die klimatischen Bedingungen im Käfig ergeben sich in Abhängigkeit zu den Klimabedingungen des umgebenden Raumes bzw. der Zuluft des Käfiggestells. In der Zuluft kann es durch das Zuluftgebläse zum Wärmeeintrag kommen. Dieser Parameter ist zu überprüfen. Dazu erfolgt eine Temperaturdifferenzmessung zwischen dem Raum und dem Käfiginneren.

Die Messungengenauigkeit des Temperaturmessinstrumentes sollte 0,5 K nicht überschreiten.

6. Spezifikation der Filtersysteme

Die Spezifikationen für die Vor- und HEPA-Filter sind nach DIN EN 779 bzw. DIN EN 1822 anzugeben.

7. Schalltechnische Parameter

Zur Prüfung der akustischen Eigenschaften im Käfig ist es notwendig, diesen unabhängig von den Geräuschentwicklungen der externen Luftversorgung zu untersuchen. Diese ist durch geeignete Maßnahmen im Zu- und Abluftbereich vom Käfiggestell schalltechnisch so zu entkoppeln, dass keine akustischen Einflüsse auf den Innenpegel des Käfigs auftreten.

Eine schalltechnische Betrachtung der Einheit Luftversorgung und Gestell ist im **Anhang B** wiedergegeben.

7.1 Schall (Lärm)

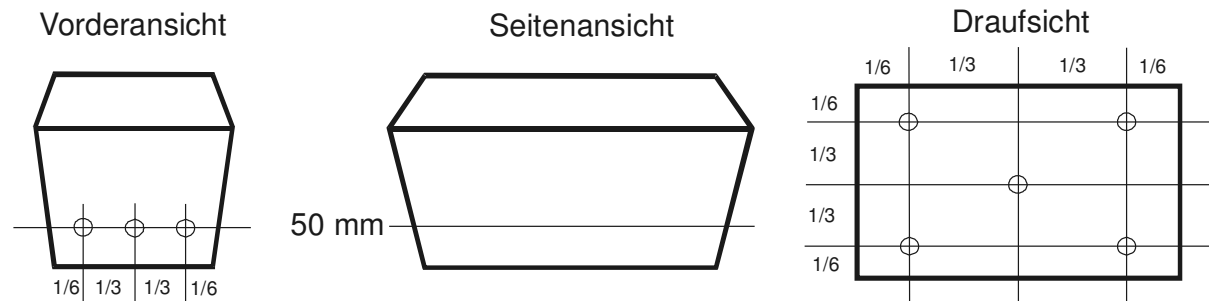
7.1.1 Messaufbau und Messverfahren

Messaufbau:

Um die Schallverhältnisse in einem Käfig vergleichbar und eindeutig zu erfassen, ist ein Akustikprüfkäfig dieses Käfigtyps notwendig. Dieser entspricht zunächst einem Serienkäfig dieses Typs. Durch Anbringen von Bohrungen in der Stirnseite wird die Möglichkeit geschaffen, Messmikrofone einzuführen. Diese können an verschiedenen Stellen im Akustikprüfkäfig die akustischen Messsignale aufnehmen. Da das Fluchtverhalten der Tiere bei der Auswahl der Messpunkte zu berücksichtigen ist,

sollen die Messungen insbesondere an den bevorzugten Rückzugsstellen der Tiere in den Ecken erfolgen.

Die Lage der 5 Messpunkte in der Messebene ist dabei wie folgt im Käfig definiert:



Anmerkungen zur Anbringung / Gestaltung der Bohrungen:

1. In die Stirnwand des Käfigs werden 3 Bohrungen angebracht, durch die das Mikrofon so horizontal eingeführt wird, dass es an den Schnittpunkten (vgl. Draufsicht) die Messsignale aufnehmen kann.
2. Um eine Verfälschung der tatsächlichen Gegebenheiten zu vermeiden, sind die Bohrungen so auszuführen, dass zwischen Messsonde und Bohrung keine Luft strömen kann, die die Akustik im Käfig beeinträchtigt. Auch sind während der Messungen an einer Bohrung alle anderen Bohrungen schalltechnisch abzudichten.
3. Es ist eine Messebene mit drei Öffnungen in 50 mm Höhe einzubringen.
4. Die Messungen sollen mit eingelegter Tränkeflasche erfolgen. Ist dies nicht möglich, so ist dies im Messprotokoll anzugeben.

Messvoraussetzungen:

Die Messungen werden bei eingelegter Tränkeflasche sowie ohne Einstreu und Futter durchgeführt. Sie erfolgen für beide Betriebszustände (Unterdruck und Überdruck) bei den drei vom Hersteller genannten LWR (vgl. 4.1.2.2).

Messpositionen im Gestell:

Die Messungen erfolgen mittels Akustikprüfkäfig an mindestens drei Positionen im Käfiggestell. Dabei ist die erste Position unmittelbar beim Eintritt der Versorgungsluft zu wählen, die zweite beim Austritt der Versorgungsluft. Die dritte Position ist in der Mitte des Gestells zu wählen. Die Lage der Messpositionen ist im Bericht eindeutig zu beschreiben.

Messverfahren:

Die eingesetzte Messtechnik muss der Hörschwelle der Maus angepasst sein und sie muss Geräuschbelastungen im Frequenzbereich zwischen 50 Hz und 60 kHz sicher detektieren können.

Es soll die simultane Messung von Terz- und Oktavspektren unbewertet möglich sein. Die Messwerte sind elektronisch aufzuzeichnen und dem Messbericht in Tabellenform und als Grafik beizufügen.

7.1.2 Messauswertung und Grenzwerte

In der Literatur finden sich folgende relevante Hörschwellen für die Maus: Die Hörschwellenkurven zeigen ein Maximum der Empfindlichkeit zwischen 15 kHz und 20 kHz, wobei die Hörschwelle bei Einzeltieren zwischen 0 und 5 dB liegt. Ein zweites signifikantes Empfindlichkeitsmaximum liegt bei 50 kHz mit Hörschwellen zwischen 15 und 20 dB. Bei 60 kHz liegt die Hörschwelle zwischen 30 und 35 dB.

Die Hörschwellen von anderen relevanten Nagern sind gegebenenfalls zu berücksichtigen. Die Darstellung der Messwerte im Bericht muss einen Vergleich der Messwerte mit den Hörschwellenkurven der relevanten Nagern erlauben.

7.2 Körperschwingung

Ein Labortest in Bezug auf Körperschwingungen ist nur in Verbindung mit einer Gebläseeinheit möglich.

7.2.1 Messaufbau und Messverfahren

Messaufbau:

Die Messung erfolgt mittels triaxialen Beschleunigungsaufnehmern, die im Inneren des Akustikprüfkäfigs auf dem Käfigboden (in der Mitte, in der Nähe der Stirn- und in der Nähe der Nackenseite) befestigt werden. Jeder der triaxialen Beschleunigungsaufnehmer misst unabhängig für sich simultan die Schwingungen im Inneren des Käfigs in den drei Raumkoordinaten.

Messvoraussetzungen:

Die Messungen werden bei eingelegter Tränkeflasche sowie ohne Einstreu und Futter durchgeführt. Sie erfolgen für beide Betriebszustände (Unterdruck und Überdruck) bei den drei vom Hersteller genannten LWR (vgl. 4.1.2.2).

Messpositionen im Gestell:

Die Messungen erfolgen mittels Akustikprüfkäfig an mindestens drei Positionen im Käfiggestell. Dabei ist die erste Position unmittelbar beim Eintritt der Versorgungsluft zu wählen, die zweite beim Austritt der Versorgungsluft. Die dritte Position ist in der Mitte des Gestells zu wählen. Die Lage der Messpositionen ist im Bericht eindeutig zu beschreiben.

Messverfahren:

Der Körperschall wird mit triaxialen Beschleunigungsaufnehmern gemessen. Messgröße ist die Schwingungsgeschwindigkeit in den drei Raumkoordinaten. Der Messbereich der triaxialen Beschleunigungsaufnehmer soll den Bereich von 3 Hz bis 10 kHz abdecken.

7.2.2 Messauswertung und Grenzwerte

Die Messwerte sind unter Angabe der Bezugsgröße und der Messunsicherheit in tabellarischer und grafischer Darstellung im Bericht wiederzugeben.

8. Störmeldungen

Wegen der lebenswichtigen Bedeutung für die Tiere muss zwingend der Volumenstrom überwacht werden. Ebenso muss eine Überwachungsmöglichkeit des Differenzdrucks $\Delta p_{(R-K)}$ gegeben sein. Eine Schnittstelle (potentialfreie Kontakte) zur ZLT (Zentralen Leittechnik) muss derart gegeben sein, dass die Störmeldungen nach Funktionsstörung und Spannungsausfall differenziert erfolgen. Wünschenswert ist eine qualifizierte Dokumentation von Störmeldungen und eine Überwachungsmöglichkeit.

Da die vorliegende Prüfanweisung sich auf die Betrachtung der Käfige und der Käfiggestelle beschränkt, oben genannte Störmeldungen jedoch die Luftversorgungseinheiten betreffen, ist die Überprüfung der Störmeldungen nicht Gegenstand dieser Ausführungen.

Danksagung

Die Autoren danken Frau Dr. Cornelia Gippner-Steppert, Zentrale Versuchstierhaltung der Innenstadt-Kliniken, Abteilung für Klinische Biochemie in der Chirurgischen Klinik, Klinikum Innenstadt, LMU München, Germany, für die ausgezeichnete Unterstützung bei Erstellung des Manuskripts.

Anhang A

Normen / Richtlinien

Council Directive 90/219/EEC of 23. April 1990 on the contained use of genetically modified micro-organisms

Council Directive 98/81/EC of 26. October 1998 amending Directive 90/219/EEC on the contained use of genetically modified micro-organisms

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (1995) Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen, Beuth Verlag, ISBN 3-410-13405-0

DIN EN ISO 3744 (1995) Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen, Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2. DIN Deutsches Institut für Normung Berlin

DIN EN ISO 3741 (2001) Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen, Hallraumverfahren der Genauigkeitsklasse 1. DIN Deutsches Institut für Normung Berlin

ISO 10780 (1994) Stationary source emissions – Measurement of velocity and volume flowrate of gas streams in ducts. International Organisation of Standardization Genève.

VDI 2056 (1964) Beurteilungsmaßstäbe für mechanische Schwingungen von Maschinen. VDI Handbuch Lärminderung

VDI/VDE 2620 (Entwurf 1998) Unsichere Messungen und ihre Wirkung auf das Messergebnis. VDI/VDE (Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik) Handbuch Messtechnik II – Fertigungstechnisches Messen

VDI Richtlinienreihe 3511, Blatt 1 bis 5 (1994 – 2000) Technische Temperaturmessung. VDI Handbuch Energietechnik

VDI 4300, Blatt 7 (2001) Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Bestimmung der Luftwechselzahl in Innenräumen. VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 5

Publikationen

Guide for the care and use of laboratory animals (1996) Institute of Laboratory Animal Resources, Commission of Life Sciences, National Research Council. Washington, D.C.: National Academy Press

Ehret G (1977) Comparative Psychoacoustics: Perspectives of Peripheral Sound Analysis in Mammals. *Naturwissenschaften* **64**, 461-470

Ehret G (1983) Psychoacoustics. In: The auditory psychobiology of the mouse (Willot JF ed). Springfield: Charles C Thomas Publisher, pp 13-25

GV-SOLAS (1989) Publication on the Planning and Structure of Animal Facilities for Institutes Performing Animal Experiments. Second English Edition. Biberach an der Riss: GV-SOLAS Verlag

Hawkins P, Anderson D, Applebee K., Key D, Wallace J, Milite G, MacArthur Clark J, Hubrecht R, Jennings M (2003) Individually ventilated cages and rodent welfare: Report of the 2002 RSPCA/UFAW rodent welfare group meeting. *Animal Technology and Welfare* **April 2003**, 23-34

Krohn TC, Hansen AK (2002) Carbon dioxide concentrations in unventilated IVC cages. *Laboratory Animals* **36**, 209-212.

Krohn TC, Hansen AK, Dragsted N (2003) The impact of cage ventilation on rats housed in IVC systems. *Laboratory Animals* **37**, 85-93

Krohn TC, Hansen AK, Dragsted N (2003) The impact of low levels of carbon dioxide on rats. *Laboratory Animals* **37**, 94-99

Lipman NS, Corning BF, Coiro MA (1992) The effects of intracage ventilation on microenvironmental conditions in filter-top cages. *Laboratory Animals* **26**, 206-210.

Lipman NS (1999) Isolator rodent caging systems (State of the Art): A Critical View. *Contemporary Topics in Laboratory Animals Science* **38 (5)**, September 1999, 9-17

Markl H, Ehret G (1973) Die Hörschwelle der Maus (*Mus musculus*) – Eine kritische Wertung der Methoden zur Bestimmung der Hörschwelle eines Säugetiers. *Zeitschrift für Tierpsychologie* **33**, 274-286

Perkins SE, Lipman NS (1996) Evaluation of microenvironmental conditions and noise generation in three individually ventilated rodent caging systems and static isolator cages. *Contemporary Topics in Laboratory Animal Science* **35 (2)**, March 1996, 61-65

Anhang B

Schalltechnische Betrachtungen zur Kombination "Lüftungseinheit und Käfiggestell"

B1 Schall

Die Messungen des Schallpegels sind analog zur Position 7.1, jedoch ohne Schallschutzmaßnahmen in der Zu- und Abluft durchzuführen.

B2 Körperschall

Unter Körperschwingung – auch Körperschall genannt – versteht man den Schall, der sich in einem festen Medium oder an dessen Oberfläche ausbreitet. Wir unterscheiden hier den Schall mit Frequenzen von über 15 Hz im Hörbereich von dem bei tieferen Frequenzen. Bei tieferen Frequenzen spricht man von Schwingungen oder Erschütterungen, die Bereiche gehen jedoch ineinander über und sind deswegen nicht eindeutig abgrenzbar.

Die Körperschwingungen entstehen vorwiegend durch die Einwirkung mechanischer Kräfte. Die Körperschwingungen der Käfige im Gestell werden durch Vibrationen am Aufstellungsort übertragen. Hauptquelle der Vibrationen sind die zur Luftversorgung eingesetzten Ventilatoren der Zu- und Abluftversorgung.