

Planung und Organisation von
**Versuchstier-Haltungen
und -Laboren**

2026



GV-SOLAS

Gesellschaft für Versuchstierkunde
Society for Laboratory Animal Science

Fachinformation

Planung und Organisation von

Versuchstier-Haltungen und -Laboren

Stand: September 2026

Autoren:

Sabine Bischoff, Düsseldorf

Heinz Brandstetter, Augsburg

Gero Hilken, Essen

Florian Kellner-Fendt, Hohenpeißenberg

Elisabeth Neumaier, München

Rainer Post, München

René Tolba, Aachen

ISBN-13 978-3-943445-01-5

Haftungsausschluss

Die Benutzung der Hefte (Veröffentlichungen) und Stellungnahmen der GV SOLAS und die Umsetzung der dar/-in enthaltenen Informationen erfolgt ausdrücklich auf eigenes Risiko. Die GV-SOLAS und auch die Autoren können für etwaige Unfälle und Schäden jeder Art, die sich durch die Nutzung der Veröffentlichung ergeben (z.B. aufgrund fehlender Sicherheitshinweise), aus keinem Rechtsgrund eine Haftung übernehmen. Haftungsansprüche gegen die GV SOLAS und die en für Schäden materieller oder ideeller Art, die durch die Nutzung oder Nichtnutzung der Informationen bzw. durch die Nutzung fehlerhafter und/oder unvollständiger Informationen verursacht wurden, sind grundsätzlich ausgeschlossen. Rechts- und Schadenersatzansprüche sind daher ausgeschlossen. Das Werk inklusive aller Inhalte wurde unter größter Sorgfalt erarbeitet. Die GV SOLAS und die Autoren übernehmen jedoch keine Gewähr für die Aktualität, Korrektheit, Vollständigkeit und Qualität der bereitgestellten Informationen. Druckfehler und Falschinformationen können nicht vollständig ausgeschlossen werden. Die GV SOLAS und die Autoren übernehmen keine Haftung für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte des Buches, ebenso nicht für Druckfehler. Es kann keine juristische Verantwortung sowie Haftung in irgendeiner Form für fehlerhafte Angaben und daraus entstandenen Folgen von der GV SOLAS und den Autoren übernommen werden. Für die Inhalte von den in diesen Veröffentlichungen abgedruckten Internetseiten sind ausschließlich die Betreiber der jeweiligen Internetseiten verantwortlich. Die GV SOLAS und die Autoren haben keinen Einfluss auf Gestaltung und Inhalte fremder Internetseiten. Die GV SOLAS und die Autoren distanzieren sich daher von allen fremden Inhalten.

V.i.S.d.P. der Vorstand der GV SOLAS

Inhaltsverzeichnis

1.	EINLEITUNG	6
2.	ORGANISATION VON VERSUCHSTIERHALTUNGEN	8
2.1	AUFGABEN	8
2.2	ORGANISATION	9
2.2.1	Zentralisierte Anlagen	9
2.2.2	Dezentralisierte Anlagen	10
2.2.3	Mischformen	10
2.2.4	Außenstellen	10
3.	PLANEN UND BAUEN	11
3.1	AUSLÖSER FÜR EIN BAUVORHABEN	12
3.2	IDEALTYPISCHER ABLAUF EINES BAUVORHABENS	12
3.3	BEDARFSPLANUNG EINSCHLIEßLICH MACHBARKEITSSTUDIE	12
3.3.1	Bedarfsplanung	12
3.3.2	Machbarkeitsstudie	14
3.4	PLANUNGSTEAM FÜR DIE GEBÄUDE- UND HAUSTECHNIKPLANUNG	15
3.4.1	Einzelvergabemodell	16
3.4.2	Generalplaner oder Totalübernehmervergabemodell	18
3.5	ABLAUF DER GEBÄUDEPLANUNG	19
3.5.1	Ausschreibung und Auftragsvergabe	20
3.5.2	Qualitätssicherung während der Bauausführung	21
3.5.3	Inbetriebnahme mit Probetrieb	21
3.6	PLANUNGSABLAUF SANIERUNGEN UND UMBAUTEN IM LAUFENDEN BETRIEB	22
3.7	LEISTUNGSPHASEN HOAI	22
4.	FUNKTIONSBEREICHE UND RAUMARTEN	27
4.1	GRUNDSÄTZE ZUR ERMITTLUNG DES RAUMBEDARFS	27
4.2	ÜBERSICHT ÜBER DIE FUNKTIONSBEREICHE	30
4.3	RAUMANORDNUNG IM TIERHALTUNGSBEREICH	31
4.4	BESCHREIBUNG RAUMARTEN	32
4.4.1	Tierhaltungsräume	32
4.4.2	Barriere und Schleuseneinrichtungen	34
4.4.3	Aufbereitungsbereich	36
4.4.4	Lagerräume/Nebenräume	38
4.4.5	Sozial- bzw. Personalräume (außerhalb der Barriere)	38
4.4.6	Verwaltungsräume	39
4.4.7	Laborräume	39
4.4.8	Technik- und Serverräume	40
4.4.9	Quarantänebereiche	40
4.5	EINSTUFUNG DER RÄUME UND FLURE	41
5.	HALTUNGSSYSTEME	42
5.1	KONVENTIONELLE HALTUNGSSYSTEME	42
5.2	BARRIERESYSTEME	42
5.2.1	Raumbarrieren	42
5.2.2	Tierhaltungsschrank	43
5.2.3	Ventilierte Käfige (Individually Ventilated Cages, IVC)	43
5.2.4	Isolator	44
6.	HALTUNGSEINHEITEN	45
6.1	KÄFIGE	45



6.2	HALTUNGSEINRICHTUNGEN FÜR TIERE IN BUCHTEN, BOXEN ODER ZWINGERN	46
6.3	HALTUNGSBEREICHE FÜR SELTEN VERWENDETE TIERARTEN	47
7.	RICHTWERTE FÜR DIE HALTUNG VON VERSUCHSTIEREN	47
7.1	GESETZLICHE RICHTLINIEN	47
7.2	RICHTWERTE FÜR WICHTIGE VERSUCHSTIERSPEZIES	48
7.2.1	Maus	48
7.2.2	Ratte	50
7.2.3	Mongolische Rennmaus	51
7.2.4	Hamster	52
7.2.5	Meerschweinchen	53
7.2.6	Kaninchen	54
7.2.7	Katze	56
7.2.8	Frettchen	57
7.2.9	Hund	58
7.2.10	Schwein	59
7.2.11	Kleine Wiederkäuer	60
7.2.12	Geflügel	61
7.2.13	Krallenfrosch	62
7.2.14	Fisch	63
8.	GEBÄUDE UND TECHNIK	67
8.1	FLEXIBILITÄT	68
8.2	RAUMGRÖßEN UND RAUMAUSSTATTUNG	68
8.2.1	Käfige und Zubehör	68
8.3	BAUMATERIALIEN	69
8.4	INSTALLATIONEN	70
8.5	RAUMLUFTKONDITIONIERUNG	71
8.5.1	Raumtemperatur	73
8.5.2	Luftfeuchtigkeit	74
8.5.3	Luftwechselraten	74
8.5.4	Luftdruck	75
8.5.5	Luftfilter	75
8.5.6	Lufttechnische Versorgung von Haltungssystemen	76
8.6	RAUMBEGASUNG / RAUMDESINFEKTION	79
8.7	TRINKWASSERAUFBEREITUNG	81
8.8	WASSER / ABWASSER	81
8.9	ELEKTROINSTALLATION	82
8.10	BELEUCHTUNG	82
8.11	GERÄUSCHE UND LÄRM	84
8.12	SCHLEUSENEINRICHTUNGEN	87
8.13	SPEZIELLE TECHNISCHE FRAGEN	91
8.14	ENERGIEEINSATZ	91
8.15	HINWEISE ZU KAPAZITÄTS- UND INVESTITIONSKOSTEN-PLANUNGEN	92
9.	EDV-DOKUMENTATIONSSYSTEM FÜR DIE VERSUCHSTIERHALTUNG	93
9.1	DOKUMENTATION TECHNISCHER PROZESSE IN DER TIERHALTUNG	93
9.2	DOKUMENTATION FÜR EIN TIERHAUSMANAGEMENT	93
9.3	ZWECK UND ANWENDUNG DIESES KRITERIENKATALOGS	93
9.4	RECHTLICHE MINDESTANFORDERUNGEN AN DAS SYSTEM	94
9.5	TECHNISCHE SYSTEMKRITERIEN	94
9.5.1	Datenintegrität und Nachvollziehbarkeit	94
9.5.2	Zugriffs- und Rechteverwaltung	95
9.5.3	Verfügbarkeit, Datensicherung und Notfallkonzept	95



9.5.4	Validierbarkeit	95
9.5.5	Elektronische Signatur	95
9.5.6	Datenexport und Berichtswesen	96
9.5.7	Datenschutz	96
9.6	FUNKTIONALE ANFORDERUNGEN	96
9.6.1	Erforderliche Kernmodule	96
9.6.2	Schnittstellen und Integrationsfähigkeit	97
9.7	BEWERTUNGSMATRIX FÜR DEN ANBIETERVERGLEICH	97
9.8	ANFORDERUNGEN AN AUFBEWAHRUNG UND ARCHIVIERUNG	98
9.9	KRITISCHE RISIKOBEREICHE BEI DER SYSTEMAUSWAHL	98
9.10	EMPFOHLENES VORGEHEN BEI DER SYSTEMAUSWAHL	99
10.	PERSONALBEDARF	99
10.1	STELLENPLAN	100
10.2	TIERPFLEGEPERSONAL	101
11.	AUS-, FORT- UND WEITERBILDUNG	102
12.	KOSTEN, LEISTUNGSARTEN UND BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHE STEUERUNG	103
12.1	KOSTENARTEN IM TIERHAUSMANAGEMENT	103
12.1.1	Überblick der Hauptkostenarten	103
12.1.2	Fixe Kosten	104
12.1.3	Variable Kosten	104
12.1.4	Einzel- und Gemeinkosten	104
12.2	LEISTUNGSARTEN IM TIERHAUSMANAGEMENT	104
	Abrechnungsarten als zentrale Verrechnungseinheit	105
	Interne Leistungsverrechnung	105
12.3	DIE GEWINN- UND VERLUSTRECHNUNG IM TIERHAUSMANAGEMENT	105
12.3.1	Erlösarten im Tierhausmanagement	106
12.3.2	Aufwandsarten in der Gewinn- und Verlustrechnung	106
12.3.3	Interpretation und Steuerungsrelevanz	107
12.4	BESONDERHEITEN UND STRATEGISCHE ÜBERLEGUNGEN	107
12.4.1	Kostenverrechnung und Drittmittelkonformität	107
12.4.2	Tierschutz und wirtschaftliche Effizienz	107
12.4.3	Digitalisierung und Kostencontrolling	107
13.	KRITISCHE INFRASTRUKTUR UND NOTFALLPLÄNE IN VERSUCHSTIERHALTUNGEN	108
13.1	RECHTLICHE GRUNDLAGEN	108
13.2	GEFÄHRDUNGEN FÜR TIEREXPERIMENTELLE EINRICHTUNGEN	108
13.3	MAßNAHMEN ZUM SCHUTZ DER TIERE UND WISSENSCHAFTLICHEN PROBEN	109
14.	LITERATURVERZEICHNIS	111
15.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	116

1. Einleitung

1971 hat der „Ausschuss für Standardisierung von Methoden in der Versuchstierhaltung“ der GV-SOLAS erstmals eine Fachinformation zur „Planung, Struktur und Errichtung von Versuchstierbereichen tierexperimentell tätiger Institution“ herausgegeben, das sogenannte „Heft 1“.

Diese Fachinformation wurde in unregelmäßigen Abständen aktualisiert. Eine grundlegende Überarbeitung fand 2014 statt und wurde 2015 mit dem Titel „Planung und Organisation von Versuchstierhaltungen und – Laboren“ veröffentlicht. Ein Anlass hierfür war die Aktualisierung der Tierschutzgesetzgebung auf EU-Ebene durch Inkrafttreten der Richtlinie 2010/63/EU [1] sowie auf nationaler Ebene durch Änderung des Tierschutzgesetzes [2] und Inkrafttreten der Tierschutz-Versuchstierverordnung [3].

Die GV-SOLAS hat sich zu diesem Zeitpunkt zum Ziel gesetzt, die Fachinformation für Planung und Organisation von Versuchstierhaltungen und – Laboren regelmäßig zu überprüfen und nach den gesetzlichen, organisatorischen und technischen Neuerungen anzupassen.

Das vorliegende Heft 1 der GV-SOLAS beinhaltet eine weitere Überarbeitung der zuletzt im Jahr 2021 veröffentlichten Texte, mit der folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Neue technische Entwicklungen bei der Haltung von Versuchstieren, wie Käfig-/ Tierhaltungssysteme, Automatisierung in der Käfigaufbereitung, Transportlogistik und in der Versorgung der Tiere mit Tränkwasser, Digitalisierung und Homecage-Monitoring in der Tierhaltung
- Vermehrte Notwendigkeit eines Umbaus oder einer Sanierung bestehender Versuchstierhaltungen
- Nachhaltigkeit beim Betrieb von Versuchstierhaltungen
- Notfallpläne für die Versuchstierhaltung
- Umgang mit Fachkräftemangel
- Berücksichtigung von Vorgaben im Arbeitsschutz [4]

Darüber hinaus haben neue wissenschaftliche Erkenntnisse dazu geführt, dass diese Fachinformation überarbeitet werden muss, um neben Tierschutzaspekten auch die Qualität und Aussagekraft der Ergebnisse aus Tierversuchen zu erhöhen. So kann die Einführung neuer digitaler Techniken, wie etwa Homecage-Monitoring unter Einsatz von Sensorik, Software und Künstlicher Intelligenz, die Gewinnung zusätzlicher Daten gleichzeitig zur Verbesserung der Tierhaltungsqualität, der Forschungseffizienz und des Tierschutzes beitragen.

Tierversuche stellen nach wie vor einen unverzichtbaren Ansatz zur Beantwortung wissenschaftlicher Fragestellungen in der biomedizinischen Grundlagenforschung und in der translationalen Forschung dar.

Daher bleiben die Planung und der Betrieb von Versuchstiereinrichtungen die wesentliche Grundlage für sinnvolle Tierversuche sowie deren korrekte Interpretation und Standardisierbarkeit im Sinne einer möglichst umfassenden Kontrolle der umgebungsbedingten Einflussvariablen. Die Standardisierung der Haltungs- und Versuchsbedingungen leistet einen wichtigen Beitrag zu den 3R, insbesondere zur Reduktion und zum Refinement.

Die in dieser Empfehlung angegebenen Werte und Beschreibungen sind keine kategorischen Vorgaben. Sie dienen vielmehr als Orientierungsgrößen für die Planung und Auslegung der



Anlagen, um Probleme beim späteren Betrieb so weit wie möglich auszuschließen. Abweichungen sind in begründeten Einzelfällen nach sorgfältiger Bewertung und in Absprache mit der für den Betrieb verantwortlichen Tierhausleitung und den Tierschutzbeauftragten möglich. Entscheidend ist, dass die für eine tierschutzgerechte Zucht und Haltung der jeweiligen Tierarten sowie für die Forschungsprojekte erforderlichen Bedingungen hergestellt und eingehalten werden und ein effizienter und nachhaltiger Tierhaltungsbetrieb gewährleistet ist.

Der Schwerpunkt dieser Empfehlung liegt bei den Nagern, die quantitativ den mit Abstand größten Anteil an Versuchstieren ausmachen. Daneben werden für ausgewählte Aspekte auch andere Tierarten berücksichtigt, darunter Schwein, Schaf, Kaninchen, Frosch und Fisch.

Diese Empfehlungen richten sich in erster Linie an:

- Leitungen von Versuchstierhaltungen,
- Tierschutzbeauftragte,
- tierexperimentell tätige Wissenschaftler,
- Planer, Bauämter und Bauabteilungen,
- Hersteller von Geräten und Ausstattung,
- Zuwendungsgeber,
- überwachende und genehmigende Behörden.

Auf der Homepage der GV-SOLAS (www.gv-solas.de) finden sich weiterführende Informationen zu einzelnen Themen [5].



2. Organisation von Versuchstierhaltungen

Versuchstierhaltungen haben ein breites Aufgabenspektrum abzudecken, dessen wichtigste Aufgaben nachfolgend aufgeführt werden. Um diesen Aufgaben gerecht werden zu können, bedarf es einer umfassenden Organisation der Versuchstierhaltung (siehe Abschnitt 2.2 Organisation).

2.1 Aufgaben

Versuchstierhaltungen haben folgende Kernaufgaben zu erfüllen. Die Reihenfolge der Aufstellung beinhaltet keine Gewichtung:

Rechtliche und regulatorische Anforderungen

- Sicherstellung der Einhaltung der nationalen und europäischen Gesetzgebung (u. a. Tierschutz, Infektionsschutz, Tierseuchenrecht, Arbeitssicherheit, biologische Sicherheit)
- Übernahme der Aufgaben eines Tierschutzbeauftragten
- Veterinärmedizinische Versorgung der Tiere durch einen Tierarzt (gem. Art. 25 RL 2010/63/EU – Designated Veterinarian) [1]

Tierhaltung und Tierschutz

- Sicherung einer artgerechten Tierhaltung sowie Beratung bei abweichenden Anforderungen im Versuch
- Frühzeitiges Erkennen von tierschutzrelevanten Auffälligkeiten im Tierverhalten durch tägliche Inaugenscheinnahme und/oder den Einsatz digitaler, sensorgestützter Haltungssysteme
- Standardisierung der Umweltverhältnisse (Haltung, Unterbringung, Besatzdichte, Pflege, Futter und Wasser, Fütterungstechnik, Einstreu, Klima, Beleuchtung)
- Bereitstellung der benötigten Versuchstiere aus Zucht oder Zukauf
- Fachgerechtes Töten von Versuchstieren

Hygiene und Gesundheitsüberwachung

- Sicherstellung der ordnungsgemäßen und effizienten Reinigung, Desinfektion und Sterilisation von Räumen, Haltungssystemen und Gerätschaften
- Durchführung diagnostischer Untersuchungen zur Charakterisierung des Hygienestatus der Versuchstiere (konventionell, SPF, SOPF, keimassoziiert, keimfrei)
- Betreuung der tierärztlichen Hausapotheke

Personal und Betrieb

- Einsatz, Einweisung und Kontrolle des in der Tierpflege und Bestandsbetreuung tätigen wissenschaftlichen und technischen Personals
- Sicherstellung der fach- und sachgerechten internen und externen Tiertransporte
- Beratung bei der Planung und Bauausführung von Versuchstierhaltungen



Wissenschaftliche Unterstützung

- Beratung tierexperimentell tätiger Wissenschaftler hinsichtlich der Wahl geeigneter Versuchstiere
- Mithilfe bei experimentellen Eingriffen
- Vermittlung des Dialogs zwischen tierexperimentell tätigen Wissenschaftlern und Tierschutzorganisationen oder an Tierschutzfragen interessierten Personen
- Sicherstellung der Aus-, Fort- und Weiterbildung aller am Tierversuch beteiligten Personen

2.2 Organisation

Eine moderne Versuchstierhaltung, die den wissenschaftlichen Anforderungen und dem Tierschutz gleichermaßen gerecht wird, zählt zu den aufwendigsten Bereichen der biomedizinischen Forschung. Sie muss die artspezifischen Bedürfnisse der Tiere ebenso berücksichtigen wie die versuchsspezifischen wissenschaftlichen Erfordernisse. Aus diesen Gründen sowie aus ökonomischen Überlegungen ist die Wahl der zweckmäßigsten Organisationsform von grundlegender Bedeutung. Sie sollte die frühzeitige Einbindung der Leitung der Versuchstierhaltung und des Tierschutzbeauftragten ausdrücklich einschließen. Zu unterscheiden sind zentralisierte und dezentralisierte Anlagen, Mischformen sowie Außenstellen.

2.2.1 Zentralisierte Anlagen

Unter einer zentralen Versuchstierhaltung ist die räumliche und organisatorische Konzentration der Versuchstierhaltungen für mehrere Forschungsinstitute und/oder Arbeitsgruppen zu verstehen. Die Leitung sollte von Fachtierärzten/-innen oder einem/einer Fachwissenschaftler/-in für Versuchstierkunde (GV-SOLAS) wahrgenommen werden [6].

Für diese Organisationsform sprechen folgende Gründe:

- Effiziente Betreuung der Versuchsvorhaben im Sinne der Tierschutzgesetzgebung, insbesondere durch den/die Tierschutzbeauftragte/n, den Tierschutzausschuss und die überwachende Behörde.
- Geringere Kosten durch reduzierten baulichen und technischen Aufwand sowie einem wirtschaftlicheren Unterhalt der Klimaanlage und der Ver- und Entsorgungseinrichtungen.
- Fachgerechte und ökonomische Betriebsweise, z.B. durch zentralen Einkauf, gemeinsame Nutzung des Inventars und der wissenschaftlichen Geräte, sowie eine effiziente Nutzung von Hilfs- und Nebenräumen.
- Effizienter Ressourceneinsatz hinsichtlich Tierhaltungskapazitäten, Sachmitteln, Räumlichkeiten und technischen Einrichtungen, z.B. zentrales Aufbereitungszentrum sowie des Personals.

2.2.2 Dezentralisierte Anlagen

Eine Dezentralisierung kann ausfolgenden Gründen erforderlich sein:

- Direkter Zugriff und Nutzung von stationären Diagnostikeinrichtungen, Vermeidung von Zeitverlusten bei Diagnostik oder bei Versuchsserien, bei denen die Tiere häufig durch Institutspersonal überwacht werden müssen, sowie optimale Anpassung an die institutsinterne Forschung.
- Einfachere Isolation infizierter Tiere. Bei größeren Institutskomplexen können Räume für infizierte Tiere zwar auch im Bereich einer zentralen Anlage untergebracht werden, diese müssen jedoch über separate Zugänge, separate raumluftechnische Anlagen (Unterdruck), keimdichte Abluftfilter und sonstige hygienische Einrichtungen verfügen, die eine Verschleppung von Krankheitskeimen zuverlässig verhindern.
- Die Haltung kleinerer Tierkontingente spezieller Versuchstierarten mit spezifischen Haltungsansprüchen (z.B. Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel, Fledermäuse oder auch einzelne Großtiere) ist u.U. unter dezentralen Bedingungen leichter realisierbar als deren Integration in eine zentrale Versuchstierhaltung.

2.2.3 Mischformen

Mischformen der Versuchstierhaltung sind heute an zahlreichen Forschungsstandorten anzutreffen. Die Einrichtung von Versuchstierhaltungsräumen innerhalb der Institutsbereiche, in denen Tiere für akute Versuche für begrenzte Dauer untergebracht werden, hat sich in der Praxis als sinnvoll erwiesen. In jedem Fall ist dabei eine personelle und organisatorische Gesamtbetreuung der gesamten Tierhaltung - einschließlich der dezentral gelegenen Tierhaltungsräume - von einem zentralen baulichen Komplex aus erforderlich. So lassen sich die Vorteile der Zentralisierung mit denen der Dezentralisierung verbinden, wobei stets die örtlichen Verhältnisse berücksichtigt werden.

2.2.4 Außenstellen

Versuchstiere sind möglichst in der zentralen Versuchstierhaltung zu halten. In Ausnahmefällen kann der Betrieb einer Außenstelle erforderlich sein. Diese Haltungsform betrifft in erster Linie die Zucht, Haltung und Langzeitunterbringung von großen Versuchstieren, wie z.B. Hunden, Schweinen und Schafen, darüber hinaus aber auch von Wildlingsmäusen sowie von Wildtierarten, deren spezifische Haltungsansprüche oder ethologischen Besonderheiten eine Integration in die zentrale Tierhaltung erschweren oder ausschließen.

Die Struktur und Lage solcher Einrichtungen bieten eine Reihe von Vorteilen:

1. Geringere Bauinvestitionen im Vergleich zu Bauten in dicht besiedelten städtischen Gegenden. Niedrigere Bodenpreise ermöglichen den Erwerb größerer Flächen, wodurch sich eine betriebsökonomisch optimale Bauweise sowie die Einhaltung der gesetzlichen Haltungsanforderungen für große Versuchstiere leichter realisieren lassen [7, 8].



2. Geringeres Risiko einer Einschleppung von Krankheitserregern in den zentral gehaltenen Tierbestand durch die räumliche Trennung der Außenstelle.
3. Verminderung der Geräusch- und Geruchsbelästigung für die Umgebung.

Für die Außenstelle gelten grundsätzlich die gleichen gesetzlichen Anforderungen wie bei einer zentralen Tierhaltung.

3. Planen und Bauen

Versuchstierhaltungsgebäude, insbesondere solche mit hohen Anforderungen an Hygiene und Sicherheit, gehören zu den kostenintensivsten Forschungsgebäuden. Verglichen mit konventionellen Laborgebäuden sind die Quadratmeterpreise bezogen auf die Bruttogeschossfläche um ca. 20 bis 30 % höher.

Die Planung solcher Einrichtungen hat auf den späteren Betrieb einen erheblichen Einfluss. Sie bestimmt in hohem Maße u.a.

- das Wohlbefinden der Tiere und deren Zuchtverhalten,
- die Qualität der Versuchsergebnisse,
- die Arbeitsbedingungen des Personals,
- die Betriebsabläufe,
- die Investitions- und Betriebskosten sowie
- die Möglichkeit späterer Nutzungsänderungen (siehe Kapitel 8.1 Flexibilität)

Diese Anforderungen bedingen im Vergleich mit sonstigen Forschungsgebäuden einen höheren technischen Installationsgrad für die störungsfreie Versorgung der Tiere sowie aufwendige Barriereeinrichtungen zur Einhaltung der hygienischen Parameter. Auch das Wegesystem für die Ver- und Entsorgung der Haltungsbereiche und des Aufbereitungszentrums verursacht einen höheren Anteil an Verkehrsfläche. Hinzukommen zusätzliche Gerätekosten für die Reinigungsanlagen und Haltungseinrichtungen wie Käfige und Gestelle.

Fehleinschätzungen zu Beginn der Planung lassen sich zu einem späteren Zeitpunkt häufig nicht mehr oder nur zu unverhältnismäßig hohen Kosten korrigieren. Es ist daher von großer Bedeutung, in der Planungsphase ausreichend Zeit und Kompetenz einzubringen – dies gilt für alle Bereiche, vor allem aber für die Technik (siehe Kapitel 8 Gebäude und Technik).

Die Faustregel, dass die Planung zwar ca. 10 bis 15 % der Gesamtkosten eines Gebäudes verursacht, aber rund 90 % dieser Kosten durch sie bestimmt werden, verdeutlicht die Bedeutung des Planungsprozesses für den Bau und den späteren Betrieb der Anlage. Dabei ist die Einflussmöglichkeit auf die Baukosten naturgemäß zu Beginn am größten und nimmt mit fortschreitenden Planungsphasen deutlich ab.

3.1 Auslöser für ein Bauvorhaben

Folgende Fälle können zu einem Planungs- und Bauvorhaben führen:

- Neubau von Forschungseinrichtungen
- Zentralisierung bestehender dezentraler Einrichtungen
- Änderung in der Konzeption der Versuchstiereinrichtung aus wissenschaftlichen Gründen
- Anpassung der Versuchstiereinrichtung an neue bauliche und technische Standards.
- Änderung der gesetzlichen Rahmenbedingungen
- Kapazitätserweiterung oder -reduzierung
- Umbau oder Sanierung der bestehenden Versuchstierhaltung

3.2 Idealtypischer Ablauf eines Bauvorhabens

Idealerweise ist ein Bauvorhaben in folgende Schritte zeitlich zu untergliedern:

1. Bedarfsplanung einschließlich Machbarkeitsstudie
2. Vor- und Entwurfsplanung des Gebäudes mit allen technischen Installationen und Anlagen sowie anschließende Einreichung des Bauantrages für die bauordnungsrechtliche Genehmigung und ggf. Errichtungsgenehmigung für eine gentechnische Anlage ab S3-Versuchstierhaltungen.
3. Ausführungsplanung für die technische Umsetzung sowie Ausschreibung und Vergabe der einzelnen Bauleistungen
4. Bauausführung mit kontinuierlicher Qualitätssicherung
5. Einholung der betriebsrechtlichen Erlaubnisse und Genehmigungen
6. Inbetriebnahme mit Probetrieb einschließlich behördlicher Abnahmen
7. Übergabe an den/die Nutzer/-in und Aufnahme des Regelbetriebs.

(siehe auch im Abschnitt 3.7 Genehmigung des Bauvorhabens)

3.3 Bedarfsplanung einschließlich Machbarkeitsstudie

3.3.1 Bedarfsplanung

Die Bedarfsplanung führt alle Parameter und Daten zu einem Anforderungskatalog zusammen und stellt somit die Grundlage für den gesamten weiteren Planungsprozess dar. Ihrer herausragenden Bedeutung entsprechend ist sie in einer eigenen Norm, der DIN 18205, beschrieben [4].

Die Bedarfsplanung kann sowohl für einen Neubau als auch für die Sanierung eines bestehenden Gebäudes nur in enger Zusammenarbeit mit der nutzenden Institution bzw. dem/der Betreiber/-in und der Leitung der Versuchstierhaltung erfolgen. Um eine durchgehende Beteiligung innerhalb des gesamten Planungsprozesses mit einer kontinuierlichen Kommunikation zur Wahrung der Interessen der Nutzer/-innen sicherzustellen, sollte eine Vertrauensperson mit möglichst vorhandener Bau Erfahrung benannt oder ein kleines Gremium auf Nutzer/-innenseite gebildet werden. Diese/r Ansprechpartner/-in begleitet das

Planungsteam während der gesamten Planungs- und Bauphase. Eine wesentliche Aufgabe dabei ist es, die möglicherweise divergierenden Interessen weiterer Nutzer/-innengruppen des Gebäudes zu ermitteln sowie gegebenenfalls zu filtern und zu koordinieren, um klare Rahmenbedingungen für die Planung zu schaffen.

Die Bedarfsplanung („Requirements Planning“ und mit erweitertem Umfang „Master Planning“) muss im Wesentlichen folgende Elemente umfassen:

- Analyse der wissenschaftlichen, strategischen Ausrichtung für die kommenden Jahre in Bezug auf Anforderungen an die Tierhaltung.
- Folgende Überlegungen müssen getroffen werden:
 - Zu haltende Spezies
 - Erforderlicher Hygienestatus der Tiere
 - Sicherheitsstufen nach GenTSV [9], BioStoffV [10] und ggf. weiteren Vorgaben
 - Anzahl und Status der einzelnen Haltungsbereiche (Experimentalhaltung, Zuchthaltung, Quarantänehaltung u.a.)
 - Anforderungen an die unterschiedlichen Haltungsbereiche hinsichtlich Größe und Kapazitäten sowie Prinzip des Material- und Personenflusses
 - Art der Barriere (Emissionsbarriere, z.B. für Sicherheits- oder Schutzstufen gemäß GenTSV oder BioStoffV oder Immissionsbarriere, z.B. für Hochhygienehaltung SPF, SOPF) sowie Anforderungen an die Barriere bzw. das Containment hinsichtlich Dichtigkeit, Art und Form der Schleusenanlagen
 - Haltungsformen und Haltungssysteme, mit oder ohne Homecage-Monitoring sowie deren Schnittstellen wie z.B. IT-Netzwerkanschlüsse
 - Wissenschaftliche Einrichtungen wie Labore und deren Lage in Bezug zu den Haltungsbereichen
 - Notwendige Infrastruktureinrichtungen, z.B. Lager, Käfigaufbereitungszone mit oder ohne Automatisierung, Versorgungstützpunkte mit Tränkwasseraufbereitung, Abfüllanlagen oder vollautomatische Tränkeversorgung.
- Analyse der bestehenden Versuchstierhaltungseinrichtung hinsichtlich der Umsetzungsmöglichkeit der definierten Anforderungen, insbesondere unter Berücksichtigung der Gebäudesubstanz und der technischen Installationen in Bezug auf Baualter, Zustand und Sanierungsbedarf.
- Analyse der Grundstückssituation hinsichtlich:
 - Errichtung von Interimsgebäuden im Falle einer Sanierung oder eines Umbaus des bestehenden Versuchstierhaltungsgebäudes.
 - Möglichkeiten der baulichen Erweiterung bestehender Versuchstiereinrichtungen.
 - Nutzung nicht ausgelasteter Versuchstiereinrichtungen als Ausweichoption.
 - Erschließung hinsichtlich Ver- und Entsorgungsverkehr sowie Mitarbeiter/-innen- und Besucher/-innenverkehr, Sicherheitsmaßnahmen und Überwachungsmöglichkeiten.

- Im Falle eines Neubaus: Analyse des Baugrundstücks hinsichtlich der bauordnungsrechtlichen Vorgaben und der technischen Erschließung des Geländes.
- Ein aus den Analysen entwickeltes/r Raumprogramm bzw. Raumbedarfsplan, welches/r die Fläche und ggf. besondere räumliche, technische oder klimatische Anforderungen für jeden zu nutzenden Raum definiert. Das Raumprogramm definiert die Nutzfläche der einzelnen Räume. Davon zu unterscheiden sind die Verkehrsflächen, wie z. B. Flure und Treppenhäuser sowie die technischen Funktionsflächen, wie z. B. Technikzentralen und Schächte.
- Personalstellenplan der Versuchstiereinrichtung für die kommenden Jahre.
- Kostenbudget für Bau und Betrieb, was im Wesentlichen folgende Positionen umfasst:
 - Grundstückskauf
 - Bauwerk und gebäudetechnische Ausrüstung einschließlich der notwendigen Nebenkosten für Planung, Genehmigungen und Sachverständigenabnahmen etc.
 - Erstausrüstung, z.B. Haltungssysteme und sonstige Einrichtungen
 - Wissenschaftliche Geräte
 - Personal
 - Betrieb der gebäudetechnischen Anlagen, z.B. Energie und Wartung
 - Verbrauchsmaterialien.

Weitere Aspekte wie Abschreibungen, Gemeinkostenumlagen oder Einnahmen, sind im Einzelfall zu betrachten (siehe Kapitel 12 Kosten und Leistungsarten).

3.3.2 Machbarkeitsstudie

Um die mögliche Realisierbarkeit der genannten Bedarfsplanung unter den technischen und wirtschaftlichen Gegebenheiten zu überprüfen, empfiehlt es sich, eine Machbarkeitsstudie erstellen zu lassen. Hierfür ist zwingend ein/e mit Versuchstierhaltungen erfahrene/r Planer/-in zu beauftragen.

Eine Machbarkeitsstudie („Feasibility Study“) sollte folgende Punkte umfassen:

- Bei einer Sanierung:
Evaluation der baulichen Substanz und der technischen Infrastruktur sowie Identifikation der notwendigen Sanierungsmaßnahmen sowie Berücksichtigung gegebenenfalls notwendiger Interimsmaßnahmen oder Auslagerungen von Haltungsbereichen.
- Bei Umbau/Anbau:
Untersuchung von Erweiterungsmöglichkeiten einschließlich der Anbindung an die vorhandenen Einrichtungen sowie Berücksichtigung gegebenenfalls notwendiger Interimsmaßnahmen oder Auslagerungen von Haltungsbereichen.

- Bei einem Neubau:
Analyse der baulichen Entwicklungsmöglichkeiten auf dem Grundstück unter Berücksichtigung der bauordnungsrechtlichen Bestimmungen sowie aller verkehrs- und medientechnischen Erschließungen und Identifikation möglicher Problemfelder wie Emissionen und Immissionen etc.
- Testentwurf des Neubaus oder auch Bestandgebäudes zur Überprüfung der Umsetzbarkeit des Raumprogramms mit schematischen Grundrissplänen der wichtigen Geschosse sowie mit Schnittplänen.
- Identifikation potenzieller Risiken, z.B. hinsichtlich Baugrunds oder Sicherheit
- Überprüfung des Kostenbudgets anhand des Testentwurfs
- Grober Zeitplan für die Realisierung der Baumaßnahme

Zur Erhöhung der Planungssicherheit kann bereits zu diesem Zeitpunkt eine detaillierte Beschreibung der Anforderungen an das Gebäude und vor allem an die einzelnen Räume erstellt werden. Dies erfolgt zumeist in Form von Raumbüchern, in denen für jede Raumgruppe, jeden Raumtyp oder jeden nutzungsrelevanten Raum alle nutzungsseitigen Parameter beschrieben werden. Hierzu gehören klimatische Bedingungen, sonstige bauphysikalische Anforderungen wie Schwingungs- und Erschütterungsschutz, Strahlenschutz oder elektromagnetische Abschirmung sowie wissenschaftliche Geräte und Einrichtungen. Hilfreich für die weiteren Planungsschritte ist darüber hinaus eine Betriebsbeschreibung, die alle Arbeitsschritte und deren bauliche Anforderungen umfasst, sowie ein Funktionsschema mit einem Wegediagramm.

Nach Abschluss der Bedarfsplanung und Sicherung des Kostenbudgets sowie des Baugrundstücks kann die Beauftragung der Architekt/-innen und Fachplaner/-innen erfolgen.

3.4 Planungsteam für die Gebäude- und Haustechnikplanung

Um die Bauherrnaufgaben bei dem langen und komplexen Planungsprozess für eine Versuchstiereinrichtung zu übernehmen, wird vom Auftraggeber zumeist eine Projektleitung eingesetzt. Im Bereich des öffentlichen Bauens ist dies vielfach ein staatliches Bauamt, ein Landesbaubetrieb, ein Universitätsbauamt oder eine Bauabteilung innerhalb der Forschungsinstitution. Im industriellen oder gewerblichen Bereich werden firmeneigene Bauabteilungen eingebunden und oftmals Projektsteuerungsbüros beauftragt. Entscheidend ist dabei, dass die Projektleitung in ständigem Austausch mit der Nutzer/-innenvertretung steht und deren Belange dem Planungsteam vermittelt.

Die Projektleitung führt anschließend das Vergabeverfahren zur Auswahl des Planungsteams durch. Für die öffentliche Hand ist dieses formal durch die Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (Vergabeverordnung - VgV) streng reglementiert [11]. Bei der Durchführung der Verfahren ist darauf zu achten, dass die Eignungskriterien für die auszuwählenden Architektur- und Fachplanungsbüros ausreichende Erfahrungen mit der Planung und Errichtung von Versuchstierhaltungen umfassen, da deren spezifische Anforderungen besondere Fachkenntnisse erfordern. Statt Einzelbeauftragungen werden vermehrt Planungsleistungen an



Generalplaner/-innen oder Totalübernehmer/-innen vergeben. Die Vor- und Nachteile dieser Modelle werden in den nachfolgenden Unterkapiteln behandelt.

3.4.1 Einzelvergabemodell

Das klassische Planungsteam („Design Team“) mit Einzelvergaben an unterschiedliche Planungsbüros setzt sich in der Regel wie folgt zusammen:

- Nutzer/-innenvertretung:
Leitung der Versuchstierhaltung, Vertrauensperson oder Gremium der nutzenden wissenschaftlichen Arbeitsgruppen und ggf. weitere Beauftragte der Nutzer/-in, z.B. für Arbeitssicherheit
- Projektleitung:
Bevollmächtigte/r Vertreter/-in des/der Auftraggebers/-in oder Bauherrn/in
- Architekt/-in:
Das Architekturbüro bzw. der/die Architekt/-in ist verantwortlich für die Gebäudeplanung, entwirft das Gebäude und koordiniert alle weiteren Fachplaner/-innen. Er/sie ist auch der/die Hauptansprechpartner/-in für die Nutzer/-innenvertretung.
- Tragwerksplaner/-in:
Der/die Tragwerksplaner/-in entwickelt das statische System des Gebäudes und arbeitet im Wesentlichen mit dem/der Architekt/-in zusammen.
- Freiflächenplaner/-in:
Der/die Freiflächenplaner/-in ist für die Gestaltung der Freiflächen um das Gebäude verantwortlich. Dies umfasst i.d.R. auch die Anlieferungs- und Entsorgungszone mit ihren Zufahrten.
- Planer/-in für Technische Gebäudeausrüstung (TGA):
Die technische Gebäudeausrüstung umfasst die Heizungs-, Sanitär- und Medien-, Kälte- und Lüftungsinstallationen. Diese Planung wird stark durch die klimatischen und medientechnischen Anforderungen der Versuchstierhaltung geprägt, weshalb beim/bei der Planer/-in zwingend einschlägige Erfahrung und ein fundiertes Verständnis für die Nutzer/-innenbelange vorhanden sein müssen.
- Planer/-in für MSR (Mess-, Steuer- und Regeltechnik) und GLT (Gebäudeautomation):
Die Planung der MSR umfasst die datentechnische Anbindung eines Gebäudes an einen Campus bzw. eine Liegenschaft, während die GLT die technischen Prozesse innerhalb eines Gebäudes steuert.
- Planer/-in für Elektrotechnik (ELT):
Der/die Planer/-in für Elektrotechnik bearbeitet den Bereich Starkstrom mit Steckdosen und Beleuchtung sowie Schwachstrom, darunter Brandmeldeanlagen, Einbruchmeldeanlagen, Zutrittskontrollsysteme, IT-Netz und Datenübertragung, insbesondere die Schnittstelle zu den betreiberseitigen IT-Systemen.

- Laborplaner/-in:
Die Laborplanung umfasst die Ausstattung der Laboratorien mit Möbeln sowie gegebenenfalls die Planung der Haltungssysteme und die Ausstattung der Tierhaltungsräume, der Schleuseneinrichtungen Hygiene-Barrieren (Autoklaven, Material- und Personalschleusen), der Reinigungsanlagen und der Logistik. Da dieser Planungsbereich sehr starken Einfluss auf den Betrieb der Versuchstierhaltung hat, muss ein/e sehr erfahrene/r Planer/-in beauftragt werden, der/die sich intensiv mit den betrieblichen Abläufen innerhalb einer Versuchstiereinrichtung auseinandergesetzt hat.
- Weitere Planer/-innen und Gutachter/-innen:
Spezialbereiche, wie Brandschutz, Bauphysik, Bodengutachten, Vermessung oder Strahlenschutz werden von fachspezifischen Planer/-innen und Gutachter/-innen bearbeitet.
- Inbetriebnahmemanagement:
Auf Grund der Komplexität der gebäudetechnischen Anlagen und deren Zusammenspiel - nicht nur im Regelbetrieb, sondern auch bei Stör- und Notfällen, müssen die unterschiedlichen Betriebszustände vor der Nutzungsaufnahme getestet und gegebenenfalls validiert werden. Es wird empfohlen, frühzeitig ein Inbetriebnahmemanagement zu definieren und zu beauftragen. Dieses sollte bereits in der Planungsphase die relevanten Vorgänge und Abhängigkeiten aufzeigen, so dass die notwendigen Leistungen ausgeschrieben und bei den beteiligten Firmen vertraglich verankert werden können. Die technische Inbetriebnahme der Anlagen wird anschließend vom Inbetriebnahmemanagement gesteuert und überwacht.

Die vielen Planungsbeteiligten müssen eng koordiniert werden, weshalb ein professionelles Projektmanagement und ein mit der Gebäudetypologie erfahrendes Architekturbüro Grundvoraussetzung für ein erfolgreiches Projekt sind. Ein wesentlicher Vorteil dieses Modells besteht darin, dass der/die Auftraggeber/-in oder Bauherr/-in jeden/jede Planer/-in nach eigenen Kriterien auswählen und beauftragen kann und so den maximalen Einfluss geltend machen kann. Zudem wird durch den etwaigen Ausfall eines Planungsbüros nicht das gesamte Team stillgelegt, das Risiko also auf mehrere Parteien verteilt.

Das nachfolgende Diagramm stellt die komplexen Beziehungen zwischen den an der Baumaßnahme Beteiligten dar:

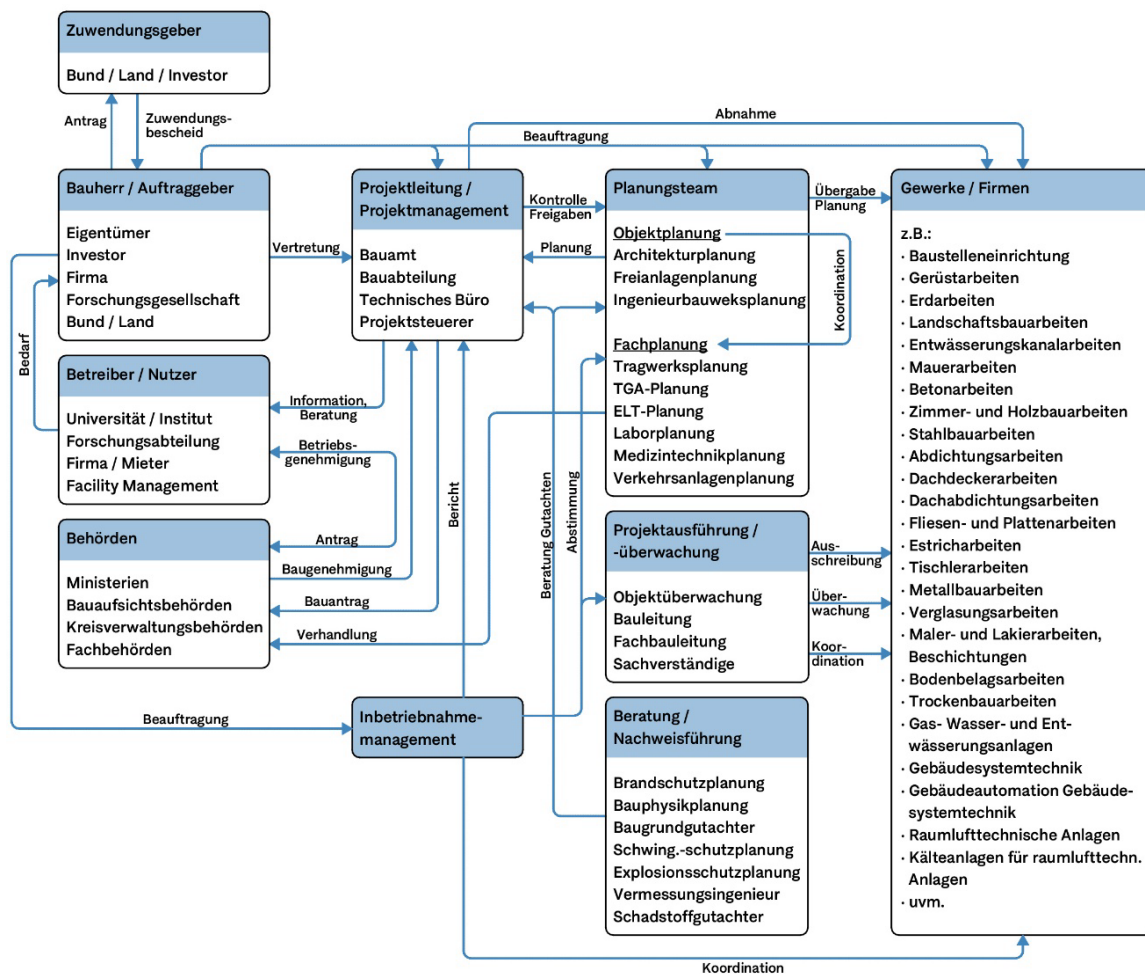


Abbildung 1: Planungs- und Baubeteiligte

3.4.2 Generalplaner oder Totalübernehmervergabemodell

Nachdem insbesondere bei der öffentlichen Hand in der Bauverwaltung zunehmend Personal eingespart wird, wird vermehrt versucht, Planungsbereiche zusammenzufassen und an einen/eine Auftragnehmer/-in zu vergeben, auch wenn dies unter Umständen mit dem Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) in Konflikt geraten kann [12]. Es existieren zwei gängige Modelle:

Generalplaner

Bei der Beauftragung eines/einer Generalplaners/-in werden je nach Auftragsumfang mehrere oder alle Planungsdisziplinen einem/einer Auftragnehmer/-in übertragen. In der Regel wird dies der/die Architekt/-in sein, der/die dann alle weiteren Fachplanungsleistungen, sofern er diese nicht im eigenen Büro erbracht werden können, als Nachunternehmerleistungen weitervergibt sowie deren Planung steuert und überwacht. Der Vorteil für den/die Auftraggeber/-in liegt in der Reduzierung der zu koordinierenden Planungsbüros auf eine/n einzelne/n Ansprechpartner/-in.

Totalübernehmer

Das Modell des/der Totalübernehmers/-in zielt darauf ab, nach Abschluss der Entwurfs- und Genehmigungsplanung, die Ausführungsplanung sowie die Baudurchführung an ein ausführendes Unternehmen zu vergeben. Ab der Ausführungs- und Detailplanung

einschließlich der technischen Umsetzung liegt die Verantwortung damit beim ausführenden Unternehmen. Auftraggeber/-innen erhoffen sich von diesem Modell wirtschaftliche und zeitliche Vorteile.

Allerdings muss berücksichtigt werden, dass ausführende Unternehmen ebenfalls möglichst wirtschaftlich planen und bauen, so dass ein erhöhter Aufwand für die Qualitätssicherung zu erwarten ist, der entweder vom Bauamt bzw. der Auftraggeberseite zu leisten oder einem oder mehreren Planungsbüros zu übertragen ist.

Allerdings hat der/die Auftraggeber/-in nur geringen bis keinen Einfluss auf die Qualität des/ der Generalplaners/-in oder Totalübernehmers/-in beauftragten Subunternehmens. Bei Störungen im Planungsteam ist ein Eingreifen der Auftraggeberseite nicht möglich. Sollte der/die Generalplaner/-in oder Totalübernehmer/-in in wirtschaftliche Schwierigkeiten geraten, kann das gesamte Projekt gefährdet werden, da ein Ersatz nur schwierig und langwierig zu finden ist. Das Risiko ist bei diesem Modell wesentlich höher als bei Einzelvergaben. Da die Vergabe an Totalübernehmer/-innen häufig auf Basis einer funktionalen Leistungsbeschreibung erfolgt und mit der Beauftragung das Planungs- und Bausoll definiert ist, verursachen nachträgliche Änderungen am Bedarf oder an der Planung erhebliche Mehrkosten und Zeitverzögerungen.

3.5 Ablauf der Gebäudeplanung

Die frühzeitige Auseinandersetzung mit allen wissenschaftlichen und betrieblichen Anforderungen, möglichst im Rahmen einer Bedarfsplanung, ist entscheidend für den Erfolg der Planung und der Baumaßnahme. Als Grundlage der Entwurfsplanung müssen frühzeitig die Gefährdungsbeurteilungen zu den Arbeitsstätten und einzelnen Arbeitsplätzen gemäß Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) [13], Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG) [14] und Betriebsstätten-Sicherheitsverordnung (BetrSichV) [15] durch den/die Nutzer/-in vorgelegt werden, damit die baulichen und technischen Sicherheitsmaßnahmen von Beginn an in der Planung berücksichtigt werden können. Eine frühzeitige Abstimmung mit den genehmigenden und überwachenden Behörden und Stabstellen ist ausdrücklich empfehlenswert.

Bereits in der Frühphase der Planung ist zudem ein Kontakt mit der örtlichen Polizei zu empfehlen. Dies ist notwendig, um eine Gefährdungsanalyse zu erstellen und die erforderlichen Sicherungsmaßnahmen planerisch berücksichtigen zu können, z.B. hinsichtlich der Anforderungen an Fenster, Türen und gegebenenfalls Videoüberwachung.

Eine kontinuierliche Kommunikation innerhalb des Planungsteams während des gesamten Planungs- und Ausführungsprozesses hilft, Vorgaben zu präzisieren und offene Fragen zu zeitnah zu klären. Planungsänderungen haben in der Regel Mehrkosten und Terminverzögerungen zur Folge. Je später sie im Planungsprozess eingebracht werden, desto gravierender sind die Auswirkungen.

Empfehlenswert ist die Erstellung von Raumtypendatenblättern zum Beginn der Planungsphase, die die wichtigsten Parameter für alle Planungsbeteiligten zusammenfassen, z.B. Raumtemperatur, Raumfeuchte, Lärmpegel, Anforderungen an Installationen, Sichtschutz, Medien und elektrotechnische Installationen. Diese Anforderungen sind anschließend für jeden Raum im sogenannten Raumbuch zusammenzufassen und planerisch umsetzen. Das Raumbuch sollte spätestens mit Abschluss Entwurfsplanung vorliegen

Der reguläre Planungsablauf eines Bauvorhabens ist in verschiedene Leistungsphasen unterteilt (siehe Kapitel 3.7 Leistungsphasen HOAI), die in Deutschland durch die Honorarordnung für Architekten/-innen und Ingenieure/-innen (HOAI) [16] gesetzlich geregelt sind. In der Schweiz gelten dafür die SIA-Ordnungen [17] und in Österreich erfolgt die Vereinbarung im Werkvertrag, vormals durch die HOA [18].

Leistungen wie Bedarfsplanung, Qualitätssicherungsmaßnahmen und Inbetriebnahme-management sind in den Honorarordnungen nicht erfasst und müssen zusätzlich beauftragt werden.

Nachfolgend sind die einzelnen Planungsschritte in einer Graphik zusammengefasst:

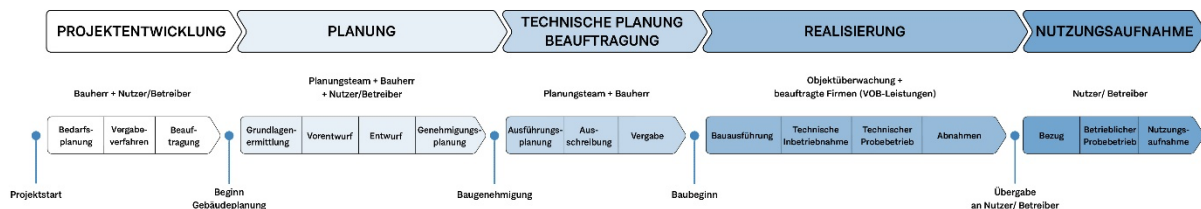


Abbildung 2: Planungsschritte und Leistungsphasen

Für ein durchschnittliches Projekt eines Neubaus einer Versuchstierhaltung mit ca. 2.000 – 3.000 m² Nutzungsfläche sind folgende Planungs- und Realisierungszeiträume anzusetzen:

- Bedarfsplanung: Dauer abhängig u.a. von Nutzer/-innenklärungen, Beantragungsform
- Planung: mindestens 1 Jahr bis 1,5 Jahre
- Technische Planung, Ausschreibung, Vergabe bis Baubeginn: 1,5 Jahre
- Bauzeit: 1,5 bis 2 Jahre
- Inbetriebnahme, Probebetrieb, Übergabe: mindestens 0,5 Jahre.

3.5.1 Ausschreibung und Auftragsvergabe

Im konventionellen Planungsprozess folgt nach Erstellung der Ausführungsplanung die Ausschreibungsphase. Dabei werden die Leistungen in Gewerke unterteilt und alle erforderlichen, im Planungsprozess abgestimmten Qualitäten in Form von Leistungsbeschreibungen schriftlich fixiert. Bei Verfahren öffentlicher Auftraggeber/-innen sind die Ausschreibungsunterlagen produktneutral zu erstellen. Eine Nennung von Fabrikaten darf nur unter bestimmten Voraussetzungen und in Abstimmung mit der Vergabestelle erfolgen. Wertungskriterien sind frühzeitig festzulegen und mit der Ausschreibung zu veröffentlichen, um neben dem Preis auch wichtige Anforderungen wie Leistung, Funktion und Verbrauch für die nachhaltige Bewertung einer Investition berücksichtigen zu können. Das Leistungsverzeichnis bildet die vertragliche Grundlage zwischen Auftraggeber/-in und ausführendem Unternehmen. Änderungen in Qualitäten oder Massen können zu Kostennachträgen und/oder Terminverzögerungen führen.

Nach Beauftragung des Unternehmens folgt je nach Gewerk eine Phase der Werk- und Montageplanung, die bei Bedarf, z.B. Laborplanung oder Schleusenausstattung mit den Nutzern/innen final abzustimmen ist. Im Anschluss erfolgt die Bauausführung. In letzter Minute eingebrachte Änderungswünsche der Nutzer/-innen gegenüber der abgestimmten Planung können auch in dieser Phase Kostennachträge der ausführenden Unternehmen verursachen.

3.5.2 Qualitätssicherung während der Bauausführung

Bei der baulichen Umsetzung eines Tierhaltungsbereichs - insbesondere bei definiertem Hygienestatus und/oder einer Einordnung gemäß BioStoffV [10] oder GenTSV [19] - kommt es auf die baulichen und installationstechnischen Details an. Die Umsetzung gemäß Architekturplanung wird im konventionellen Bauablauf durch die Objektüberwachung bzw. Bauleitung regelmäßig überprüft. Bei Totalübernehmer/-innen liegen sowohl die Ausführungsplanung als auch die Bauleitung bei einem wirtschaftlich orientierten Unternehmen. Es ist daher empfehlenswert, die Umsetzung der Maßnahme im Rahmen einer kontinuierlichen Qualitätssicherung durch das Bauamt oder ein Planungsbüro überwachen zu lassen, um die spätere Inbetriebnahme und Genehmigungsprozess nicht zu gefährden.

Darüber hinaus hat sich die Einrichtung eines oder mehrerer Musterräume als sinnvoll erwiesen. Dabei wird ein Tierhaltungsraum vorgezogen baulich weitestgehend fertiggestellt, einschließlich der gebäudetechnischen Installationen. In einer gemeinsamen Begehung mit Planer/-innen, Objektüberwachung bzw. Qualitätssicherung, Nutzer/-innen und Auftraggeber/-in bzw. Bauherrn können die kritischen und relevanten Qualitäten der Bauausführung vor Ort begutachtet und bei Bedarf vor Ausführung weiterer Räume angepasst werden.

3.5.3 Inbetriebnahme mit Probetrieb

Für Inbetriebnahme und Probetrieb ist ein ausreichender Zeitrahmen in der Terminplanung vorzusehen. Dabei ist zwischen der Inbetriebnahme und Einregulierung der gebäudetechnischen Anlagen einerseits und der Feineinregulierung nach Installation der nutzerspezifischen Geräte andererseits zu unterscheiden. Letztere benötigen eine gebäudetechnische Versorgung, wie z.B. Mikroskope, MRT oder CT und können aus haftungsrechtlichen Gründen erst nach der Übergabe des Gebäudes an den/die Nutzer/-in oder den/die Betreiber/-in montiert werden.

Der Anschluss und die Nachregulierung sollten aus Gewährleistungsgründen, durch die im Rahmen des Baus beauftragten Firmen erfolgen, was bei der Vertragsgestaltung entsprechend berücksichtigt werden muss.

Die Fertigstellung und Übergabe der Baumaßnahme umfassen folgende Schritte:

- Inbetriebnahme der einzelnen gebäudetechnischen Gewerke
- Gewerkeübergreifende Inbetriebnahme für die vom/der Nutzer/-in definierten Betriebszustände und Störfälle
- Störungsfreier Probetrieb über mindestens 4 Wochen (je länger, desto besser)
- Abnahmen durch Sachverständige sowie Auftraggeber/-in bzw. Bauherr/-in, einschließlich Mängelbeseitigung
- Fertigstellungsmeldung bzw. Anzeige der Nutzungsaufnahme an das Bauordnungsamt (bezogen auf die bauordnungsrechtliche Genehmigung)

- Übergabe an Bauherr/-in und Betreiber/-in
- Einbringung der Geräteausstattung
- Feinregulierung TGA-Anlagen
- Beantragung der Haltungserlaubnis für Tiere gemäß §11 Tierschutzgesetz [2]
- Betriebsaufnahme durch Betreiber/-in: Erstbegasung der Tierhaltung, Einschleusen Käfigmaterial und Einschleusen Tiere

3.6 Planungsablauf Sanierungen und Umbauten im laufenden Betrieb

Bei der Sanierung oder dem Umbau bestehender Versuchstierhaltungsgebäude erfolgt in der Regel der identische Planungs- und Bauablauf wie bei einem Neubau, jedoch verschieben sich je nach Projektaufgabe die Gewichtung der einzelnen Teilleistungen. So ist im Rahmen der Bedarfsplanung bzw. zu Beginn der Planung eine fachtechnische Analyse und Bewertung des Bestandes - Gebäude und Technik, gegebenenfalls unter Hinzuziehung von Sonderfachleuten wie z.B. Schadstoffgutachter/-innen obligatorisch. Der Zustand der Tragstruktur und der technischen Anlagen muss detailliert bewertet, Sanierungs- und Erneuerungsbedarf identifiziert und sicherheitstechnische Einrichtung sowie Bauteile kritisch auf ihre Funktionsfähigkeit und genehmigungsrechtliche Konformität geprüft werden. Besondere Aufmerksamkeit bedarf dabei die Thematik Schadstoffe und deren Beseitigung.

Bauarbeiten jeglicher Art innerhalb eines bestehenden Versuchstierhaltungsgebäudes verursachen unvermeidbare Lärm und Erschütterungsbelastungen, die erheblichen Einfluss auf die Haltung der Tiere haben. Daher kann bei Sanierungen und Umbauten nur die Auslagerung der Tiere empfohlen werden. Je nach Haltungskonzept sollten frühzeitig Ausweichmöglichkeiten in Form von Interimshaltungen geprüft werden sollten. Dies kann den Einbau von Haltungsbarrieren in anderen bestehenden Gebäuden bis hin zu temporären Modulbaulösungen als Interimsgebäude umfassen. Bei all diesen Lösungen müssen die gesetzlichen Anforderungen an Versuchstierhaltungen vollständig erfüllt sein.

3.7 Leistungsphasen HOAI

Die kursiv dargestellten Textteile sind den Leistungsaufzählungen für die jeweiligen Leistungsphasen gemäß der Honorarordnung für Architekt/-innen sowie Ingenieur/-innen (HOAI) für die Objektplanung Gebäude (Architektur) entnommen [16].

Leistungsphasen:

1. Grundlagenermittlung (Leistungsphase 1)

Klären der Aufgabenstellung auf Grundlage der Vorgaben oder der Bedarfsplanung des Auftraggebers; Ortsbesichtigung; Beraten zum gesamten Leistungs- und Untersuchungsbedarf; Formulieren der Entscheidungshilfen für die Auswahl anderer an der Planung fachlich Beteiligter; Zusammenfassen, Erläutern und Dokumentieren der Ergebnisse.

Diese Leistungsphase wird bei öffentlichen Auftraggebern/-innen vom Bauamt selbst erbracht und somit nicht an das Planungsteam übertragen.

2. Vorplanung (Leistungsphase 2)

Analysieren der Grundlagen, Abstimmen der Leistungen mit den fachlich an der Planung Beteiligten; Abstimmen der Zielvorstellungen, Hinweisen auf Zielkonflikte; Erarbeiten der Vorplanung; Untersuchen, Darstellen und Bewerten von Varianten nach gleichen Anforderungen; Zeichnungen im Maßstab nach Art und Größe des Objekts; Klären und Erläutern der wesentlichen Zusammenhänge, Vorgaben und Bedingungen (z.B. städtebauliche, gestalterische, funktionale, technische, wirtschaftliche, ökologische, bauphysikalische, energiewirtschaftliche, soziale, öffentlich-rechtliche); Bereitstellen der Arbeitsergebnisse als Grundlage für die anderen an der Planung fachlich Beteiligten sowie Koordination und Integration von deren Leistungen; Vorverhandlungen über die Genehmigungsfähigkeit; Kostenschätzung; Erstellen eines Terminplans mit den wesentlichen Vorgängen des Planungs- und Bauablaufs; Zusammenfassen, Erläutern und Dokumentieren der Ergebnisse.

Mit Abschluss dieser Leistungsphase sind die Abmessungen des Gebäudes sowie seine baulichen und gebäudetechnischen Ausformungen im Wesentlichen fixiert. Der Planmaßstab beträgt 1:200. Auf dieser Basis erfolgt die Kostenschätzung. Diese Phase ist daher die entscheidende für die zukünftigen Nutzer/-innen, da Änderungen im weiteren Planungsprozess stets zu Mehrkosten führen. In dieser Phase sollte deshalb eine intensive Kommunikation zwischen dem Planungsteam und der Nutzer/-innen-Vertretung unter der Führung der Projektleitung stattfinden, damit alle betrieblichen und wissenschaftlichen Anforderungen im Vorentwurf berücksichtigt werden. Der eingeplante Zeitraum für die Vorplanung darf daher nicht zu knapp bemessen sein, sondern sollte auch die Untersuchung von Planungsvarianten ermöglichen.

3. Entwurfsplanung (Leistungsphase 3)

Erarbeitung der Entwurfsplanung unter weiterer Berücksichtigung der wesentlichen Zusammenhänge, Vorgaben und Bedingungen (z.B. städtebauliche, gestalterische, funktionale, technische, wirtschaftliche, ökologische, soziale, öffentlich-rechtliche) auf Grundlage der Vorplanung und als Grundlage für die weiteren Leistungsphasen und die erforderlichen öffentlich-rechtlichen Genehmigungen unter Verwendung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter; Zeichnungen nach Art und Größe des Objekts im erforderlichen Umfang und Detaillierungsgrad unter Berücksichtigung aller fachspezifischen Anforderungen, z.B. bei Gebäuden im Maßstab 1:100, z.B. bei Innenräumen im Maßstab 1:50 bis 1:20; Bereitstellen der Arbeitsergebnisse als Grundlage für die anderen an der Planung fachlich Beteiligten sowie Koordination und Integration von deren Leistung; Objektbeschreibung; Verhandlungen über die Genehmigungsfähigkeit; Kostenberechnung nach DIN 276 und Vergleich mit der Kostenschätzung bis zur zweiten Ebene oder der ersten Ebene mit Angabe der Gewerke, z.B. Betonarbeiten, Tischlerarbeiten etc.; Fortschreiben des Terminplans; Zusammenfassen, Erläutern und Dokumentieren der Ergebnisse [20].

Die Entwurfsplanung verfeinert den Vorentwurf hinsichtlich Konstruktion und technischer Konzeption mit allen Anlagen, Installationstrassen und Schächten. Die Plandarstellung erfolgt im Maßstab 1:100, für beispielhafte Räume wie Tierhaltungsräume, Spülküchen oder

Labore auch bis Maßstab 1:50. Die Kostenberechnung erfolgt auf Basis von Einzelpositionen, d.h. jedes Bauteil wird massen- und kostentechnisch erfasst, um eine möglichst hohe Kostensicherheit zu erreichen.

Im öffentlichen Bauverfahren wird auf Basis der Entwurfsplanung die Haushaltsunterlage, Entwurfsunterlage, Bau oder Bauunterlage mit einer Vielzahl zusätzlicher Formulare erstellt. Nach Prüfung der durch eine übergeordnete Institution wird auf dieser Grundlage die Zuwendung durch die Projektleitung zugeteilt.

Mit Abschluss dieser Leistungsphase ist die Einflussmöglichkeit der Nutzer/-innen auf die Planung - außer in Detailfragen - weitgehend beendet. Daher sollten die Materialauswahl (unter Berücksichtigung von Chemikalienresistenzen) sowie alle Details zur Ausstattung und Installation der Räume gemeinsam mit den Nutzern/-innen erfolgen und von diesen formell freigegeben werden.

4. Genehmigungsplanung (Leistungsphase 4)

Erarbeiten und Zusammenstellen der Vorlagen und Nachweise für öffentlich-rechtliche Genehmigungen oder Zustimmungen, einschließlich der Anträge auf Ausnahmen und Befreiungen sowie notwendiger Verhandlungen mit Behörden unter Verwendung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter; Einreichen der Vorlagen; Ergänzen und Anpassen der Planungsunterlagen, Beschreibungen und Berechnungen.

Die Bauantragsunterlagen umfassen alle notwendigen Pläne, Beschreibungen und Formulare, um die Genehmigung für die Errichtung des Gebäudes von der Baugenehmigungsbehörde der Gemeinde oder Stadt zu erhalten. Von Seiten der Nutzer/-innen ist meist eine Betriebsbeschreibung für die Versuchstiereinrichtung vorzulegen.

5. Ausführungsplanung (Leistungsphase 5)

Erarbeiten der Ausführungsplanung mit allen für die Ausführung notwendigen Einzelangaben (zeichnerisch und textlich) auf Grundlage der Entwurfs- und Genehmigungsplanung bis zur ausführungsreifen Lösung als Grundlage für die weiteren Leistungsphasen; Ausführungs-, Detail- und Konstruktionszeichnungen nach Art und Größe des Objekts im erforderlichen Umfang und Detaillierungsgrad unter Berücksichtigung aller fachspezifischen Anforderungen, z.B. bei Gebäuden im Maßstab 1:50 bis 1:1, z.B. bei Innenräumen im Maßstab 1:20 bis 1:1; Bereitstellen der Arbeitsergebnisse als Grundlage für die anderen an der Planung fachlich Beteiligten, sowie Koordination und Integration von deren Leistungen; Fortschreiben des Terminplans; Fortschreiben der Ausführungsplanung auf Grund der Gewerke orientierten Bearbeitung während der Objektausführung; Überprüfen erforderlicher Montagepläne der vom Objektplaner geplanten Baukonstruktionen und baukonstruktiven Einbauten auf Übereinstimmung mit der Ausführungsplanung.

In dieser Phase werden die technischen Konstruktionspläne als Grundlage für die Ausschreibung der Leistungen und die Umsetzung auf der Baustelle angefertigt. Die Nutzer/-innen werden in dieser Phase nur noch zur Klärung von speziellen Details eingebunden.

6. Ausschreibung (Leistungsphase 6)

Aufstellen eines Vergabeterminplans; Aufstellen von Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnissen nach Leistungsbereichen; Ermitteln und Zusammenstellen von Mengen auf Grundlage der Ausführungsplanung unter Verwendung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter; Abstimmen und Koordinieren der Schnittstellen zu den Leistungsbeschreibungen der an der Planung fachlich Beteiligten; Ermitteln der Kosten auf der Grundlage vom Planer bepreister Leistungsverzeichnisse; Kostenkontrolle durch Vergleich der vom Planer bepreisten Leistungsverzeichnisse mit der Kostenberechnung; Zusammenstellen der Vergabeunterlagen für alle Leistungsbereiche.

Die Leistungsverzeichnisse werden Gewerke-weise mit einer Vielzahl von Einzelpositionen der Bauteile mit ihren zugehörigen Mengenansätzen aufgestellt, damit die Firmen daraufhin ihre Angebote abgeben können.

Die Leistungsverzeichnisse für die tierhaltungsspezifischen Einrichtungen, wie Haltungssysteme, Schleuseneinrichtungen, Reinigungsanlagen und Laboreinrichtung, sollten von den Nutzern/-innen durchgelesen und falls erforderlich hinsichtlich Erfüllung seiner Anforderungen korrigiert werden.

7. Vergabe (Leistungsphase 7)

Koordinieren der Vergaben der Fachplanenden; Einholen von Angeboten; Prüfen und Werten der Angebote, einschließlich Aufstellen eines Preisspiegels nach Einzelpositionen oder Teilleistungen, Prüfen und Werten der Angebote zusätzlicher und geänderter Leistungen der ausführenden Unternehmen und der Angemessenheit der Preise; Führen von Bietergesprächen; Erstellen der Vergabevorschläge, Dokumentation des Vergabeverfahrens; Zusammenstellen der Vertragsunterlagen für alle Leistungsbereiche; Vergleichen der Ausschreibungsergebnisse mit den vom Planer bepreisten Leistungsverzeichnissen oder der Kostenberechnung; Mitwirken bei der Auftragserteilung.

Im öffentlichen Bauverfahren ist die Prüfung der Angebote und die Vergabe streng reglementiert und erfolgt meist durch das Bauamt bzw. die Projektleitung.

8. Objektüberwachung (Leistungsphase 8)

Überwachen der Ausführung des Objekts auf Übereinstimmung mit der öffentlich-rechtlichen Genehmigung oder Zustimmung, den Verträgen mit ausführenden Unternehmen, den Ausführungsunterlagen, den einschlägigen Vorschriften sowie mit den allgemein anerkannten Regeln der Technik; Koordinieren der an der Objektüberwachung fachlich Beteiligten; Aufstellen, Fortschreiben und Überwachen eines Terminplans (Balkendiagramm); Dokumentation des Bauablaufs (zum Beispiel Bautagebuch); Gemeinsames Aufmaß mit den ausführenden Unternehmen; Rechnungsprüfung einschließlich Prüfen der Aufmaße der bauausführenden Unternehmen; Vergleich der Ergebnisse der Rechnungsprüfungen mit den Auftragssummen einschließlich Nachträgen; Kostenkontrolle durch Überprüfen der Leistungsabrechnung der bauausführenden Unternehmen im Vergleich zu den Vertragspreisen; Kostenfeststellung, zum Beispiel nach

DIN 276 [20]; Organisation der Abnahme der Bauleistungen unter Mitwirkung anderer an der Planung und Objektüberwachung fachlich Beteiligter, Feststellung von Mängeln, Abnahmeempfehlung für den Auftraggeber; Antrag auf öffentlich-rechtliche Abnahmen und Teilnahme daran; systematische Zusammenstellung der Dokumentation, zeichnerischen Darstellungen und rechnerischen Ergebnissen des Objekts; Übergabe des Objekts; Auflisten der Verjährungsfristen für Mängelansprüche; Überwachen der Beseitigung der bei der Abnahme festgestellten Mängel.

Diese für den Erfolg des gesamten Bauvorhabens entscheidende Leistungsphase umfasst die Organisation und Überwachung der Bauleistungen durch die Bau- und Fachbauleitungen.

Bedingt durch die zunehmenden Qualitätsprobleme in der Bauausführung muss bereits während der Baustelle auf eine möglichst mängelfreie Ausführung geachtet werden, was zu einem erhöhten Aufwand in der Bauleitung führt. Mängelbeseitigungen nach der Inbetriebnahme des Gebäudes, insbesondere hinter der Barriere, sind nicht mehr möglich. Nach Abschluss der eigentlichen Bau- und Montagearbeiten ist daher eine ausreichend bemessene Phase für die Abnahmen, Inbetriebnahme aller Anlagen, die Überprüfung ihres Zusammenspiels sowie die Einweisung der Nutzer/-innen in die spezifischen Tierhaltungsanlagen unabdingbar. und ein Probetrieb, der mit einem störungsfreien, stabilen Betrieb aller Anlagen von mindestens 4 Wochen abschließt, unabdingbar. Diese Phase schließt mit einem störungsfreien, stabilen Probetrieb aller Anlagen von mindestens vier Wochen ab. Die Planung dieser Vorgänge bis zur Übergabe des Gebäudes an die Nutzer/-innen umfasst eine Vielzahl von Einzelschritten und kann in ihrer Komplexität nur von einem erfahrenen Planungsbüro übernommen werden.

Mit der Übergabe des gereinigten Gebäudes an die Nutzer/-innen werden die einzelnen Haltungskompartimente dekontaminiert, bevor der Betrieb aufgenommen wird. Handwerker/-innen oder sonstiges Fremdpersonal dürfen die Versuchstierhaltung anschließend nicht mehr oder nur unter definierten Bedingungen betreten. Darüber hinaus ist auf die Übergabe einer vollständigen Dokumentation aller technischen Anlagen und Geräte zu achten, die die Nutzer/-innen und Betreiber/-innen als Grundlage dienen, um auftretende Störungen umgehend zu beheben sowie alle notwendigen Wartungen turnusgemäß auszuführen.

9. Objektbetreuung (Leistungsphase 9)

Fachliche Bewertung der innerhalb der Verjährungsfristen für Gewährleistungsansprüche festgestellten Mängel, längstens jedoch bis zum Ablauf von fünf Jahren seit Abnahme der Leistung, einschließlich notwendiger Begehungen; Objektbegehung zur Mängelfeststellung vor Ablauf der Verjährungsfristen für Mängelansprüche gegenüber den ausführenden Firmen; Mitwirken bei der Freigabe von Sicherheitsleistungen.

Die Kontrolle des Gebäudes auf nachträglich auftretende Mängel wird meist von Institutionen der/die Bauherrn/-in übernommen.

4. Funktionsbereiche und Raumarten

Die bauliche Gestaltung und Ausstattung der in diesem Kapitel beschriebenen Räume und Funktionsbereiche einer Versuchstierhaltung muss einer Vielzahl gesetzlicher Anforderungen genügen, um von den zuständigen Behörden zugelassen und genehmigt zu werden. Dazu gehören im Wesentlichen:

- Richtlinie 2010/63/EU des Europäischen Parlaments und des Rates zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere [1]
- Tierschutzgesetz (TierSchG) [2]
- Tierschutz-Versuchstierverordnung (TierSchVersV) [3]
- Gentechnikgesetz (GenTG) [21] mit den entsprechenden Verordnungen
- Biostoffverordnung (BioStoffV) [10]
- Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) [22]
- Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) [23]
- Tiergesundheitsgesetz (TierGesG) [24]
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [25]
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) [26] einschließlich der zugehörigen Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) [27], durch die Belange der Arbeitssicherheit und Arbeitsergonomie berücksichtigt werden

4.1 Grundsätze zur Ermittlung des Raumbedarfs

Die Planung eines jeden Tierlaborgebäudes und seiner Funktionsbereiche führt ausgehend von den Forschungsschwerpunkten und den damit verbundenen speziellen tierexperimentellen Methoden einer Einrichtung über mehrere Entscheidungsstufen (siehe Kapitel 3.3 Bedarfsplanung):

- Welche Tierarten sollen in welchem Umfang und mit welchen Hygieneanforderungen gehalten werden? Wie sollen die Tiere gehalten werden (Isolator, IVC, offene Käfige, aquatische Haltungssysteme, Gehege, Volieren, Buchten, Freiflächen etc.)?
- In welchem Umfang (Personenzahl, Häufigkeit, Geräte, experimentelle Materialien) und in welchem Zeitrahmen benötigen die Wissenschaftler/-innen Zugang zu den Versuchstieren?
- In welchem Umfang ist die Integration von Labor- und OP-Räumen für Eingriffe und Behandlungen innerhalb des Tierhaltungsgebäudes erforderlich?
- Bis zu welcher Sicherheitsstufe (z.B. gemäß GenTSV [19] bzw. BioStoffV [10] soll in den Räumen zukünftig gearbeitet werden?

Das daraus entwickelte bauliche Konzept einer Versuchstierhaltung muss drei Bereiche in ihren Funktionen sinnvoll miteinander verbinden:

- Bautechnik (Raumgröße, Raumanordnung, Verkehrswege)



- Gebäude- und Haustechnik (Installation von Wasser-, Gas-, Dampf-, Druckluft- und Elektroleitungen; IT-Netzwerk; Klimatechnik; teil- oder vollautomatisierte Reinigungs- und Sterilisationstechnik)
- Ausrüstungstechnik (Käfigsysteme z.B. mit digitalen, sensor- und softwaregestützten Lösungen und / oder Automatiksysteme für die Tränkwasserversorgung, teil- oder vollautomatische Transportsysteme, Tierraum- und Laborausstattung etc.).

Die Hauptanforderungen an die Technik einer Versuchstierhaltung ergeben sich aus Hygienesicherheit, Biosicherheit, Versorgungssicherheit und Betriebssicherheit, Arbeitssicherheit und Nachhaltigkeit.

Hygienesicherheit bedeutet, dass bei Einhaltung der etablierten Betriebsabläufe ein Einschleppen sowie ein Entkommen und Verbreiten von Erregern möglichst ausgeschlossen ist.

Biosicherheit und gentechnische Sicherheit bedeutet, dass biologische Arbeitsstoffe (BAs) und gentechnisch veränderte Organismen (GVOs) das Personal bei ordnungsgemäßigem Umgang nicht gefährden dürfen und dass Maßnahmen getroffen sind, die das Entweichen von BAs und GMOs zuverlässig verhindern.

Versorgungssicherheit heißt, dass auch bei Ausfall eines Teils der Haus- oder Ausstattungstechnik die geforderten Standardbedingungen aufrechterhalten werden und die Versorgung der Versuchstiere mit Luft, mit der erforderlichen Temperatur und relativen Luftfeuchte, mit Futter, Wasser, sauberer Einstreu u.a. gewährleistet ist. Diese Versorgungssicherheit erfordert die Planung von Redundanzen für technische Anlagen und Geräte, einschließlich einer Risikobetrachtung für eventuelle Störfälle.

Betriebssicherheit meint in diesem Zusammenhang die kontinuierliche Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit der Haus- und Ausrüstungstechnik.

Arbeitssicherheit beschreibt neben den genannten Hauptanforderungen an die Technik einer Versuchstierhaltung die Bedeutung, die der Arbeitssicherheit und dem Gesundheitsschutz der Beschäftigten zukommt. Entsprechende Empfehlungen zur Arbeitssicherheit in Versuchstierhaltungen hat die Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BGRCI) mit der Veröffentlichung „Sichere Biotechnologie Versuchstierhaltung“ B 012 DGUV Information 213-10 erarbeitet [4].

Nachhaltigkeit

Neben der Geräteleistung werden zunehmend auch die Medienverbräuche und dadurch der wirtschaftliche Betrieb der Anlagen sowie deren Nachhaltigkeit bewertet. Die Europäische Gesellschaft für Nachhaltige Labortechnologien e.V. (EGNATON) [28] hat unter Berücksichtigung der Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) [29] Kriterien definiert, anhand derer ein nachhaltiger Betrieb von Anlagen überprüft werden kann.

Für die Käfigaufbereitung in einer Tierhaltung können bereits in der Planungs- und Beschaffungsphase klare Mindestvorgaben definiert werden, um den späteren nachhaltigen Betrieb messbar zu gestalten.

Einblickmöglichkeiten

In der biomedizinischen Forschung wird zunehmend mehr Transparenz gegenüber der Öffentlichkeit erwartet. Bei der Planung von Tierhaltungsgebäuden kann diesem Anspruch durch bauliche Maßnahmen Rechnung getragen werden. Etwa einen separaten Besuchergang, gezielte Einblickmöglichkeiten in Labor- oder Spülküchenbereiche oder die Gestaltung zugänglicher Zonen für Veranstaltungen wie einen Tag der offenen Tür. Ein angemessener Sichtschutz für das in der Tierhaltung tätige Personal ist dabei vorzusehen. Darüber hinaus können solche Zugänge und Einblickmöglichkeiten im Notfall für Rettungskräfte nützlich sein. Sie ermöglichen eine Lageeinschätzung von außen, ohne den Hygienebereich betreten zu müssen und erlauben gezielte Rettungsmaßnahmen bei sich im Bereich aufhaltenden Personal.

Die genannten Anforderungen bestimmen das Konzept und den Betrieb einer Versuchstierhaltung. Ausgangspunkt aller Überlegungen ist das Forschungskonzept. Die Vielzahl der möglichen Lösungen entsteht aus der individuellen Gewichtung der einzelnen Anforderungen.

Die zu erwartenden Investitions- und Betriebskosten werden durch Tierart, Tieranzahl, Hygienestandard, Sicherheitsstufen und forschungsbedingte Zugangsrechte bestimmt. Eine sorgfältige Bedarfsplanung (siehe Kapitel 3 Planen und Bauen) ist daher unverzichtbar. Ausmaß und Grad der Forderungen und Wünsche - hinsichtlich Artenvielfalt, Zugangsvielfalt, Hygienestandard, Klimatechnik, Grad der Digitalisierung und Automatisierung - haben einen unmittelbaren Einfluss auf die Bau- und Betriebskosten.

Das abgestimmte Zusammenwirken aller miteinander korrespondierenden Einrichtungsteile ist von besonderer Bedeutung, da die Kompatibilität der Betriebseinrichtungen wesentlichen Einfluss auf Herstellungskosten, Betriebskosten, Personalaufwand, Betriebsablauf und Funktionsfähigkeit einer Versuchstierhaltung hat. Daher ist es empfehlenswert, dass Tierhausleiter/-innen, Behördenvertreter/-innen (z.B. Landesumweltamt, Veterinäramt, Feuerwehr), Architekt/-innen und Techniker/-innen sich im Vorfeld auf gemeinsame Lösungen verständigen.



4.2 Übersicht über die Funktionsbereiche

Folgende Funktionsbereiche sind üblicherweise in einem Versuchstierhaltungsgebäude notwendig:

1. Tierhaltungsbereich mit:
 - Tierhaltungsräumen in unterschiedlicher Ausführung je nach gehaltener Spezies
 - Vorbereitungsbereich z.B. für Flaschenbefüllung, Verwaltungsarbeiten
 - Laborräume innerhalb der Barriere
 - Lager und Logistikflächen innerhalb der Barriere
 - Versorgungs- und evtl. gesonderten Entsorgungsfluren
 - Schleusen als Teil der Barriere
2. Infrastrukturbereich mit:
 - Reinigungs- und Aufbereitungsbereich, ggf. mit Teil- oder Vollautomatisierung
 - Lagerräumen für Ver- und Entsorgung mit Anlieferungszone für LKW
 - Technikräumen für den Betrieb der Reinigungs- und Ver-/Entsorgungsanlagen
 - Putzräumen
3. Sozialbereich mit:
 - Aufenthaltsräumen
 - Zentralumkleiden
 - Toiletten
4. Verwaltungsbereich mit Büroräumen.
5. Forschungsbereich mit Laborräumen außerhalb der Barriere
6. Technikbereich mit den Räumen für:
 - Lüftungstechnik
 - Wasseraufbereitung
 - Wärme-, Dampf- und/oder Kälteerzeugung
 - Gaserzeugung
 - IT-Technik und elektrotechnische Versorgung

4.3 Raumanordnung im Tierhaltungsbereich

Die Raumanordnung und somit Organisation eines Tierhaltungsbereichs als hygienische Einheit (Barriere) kann nach zwei Prinzipien erfolgen:

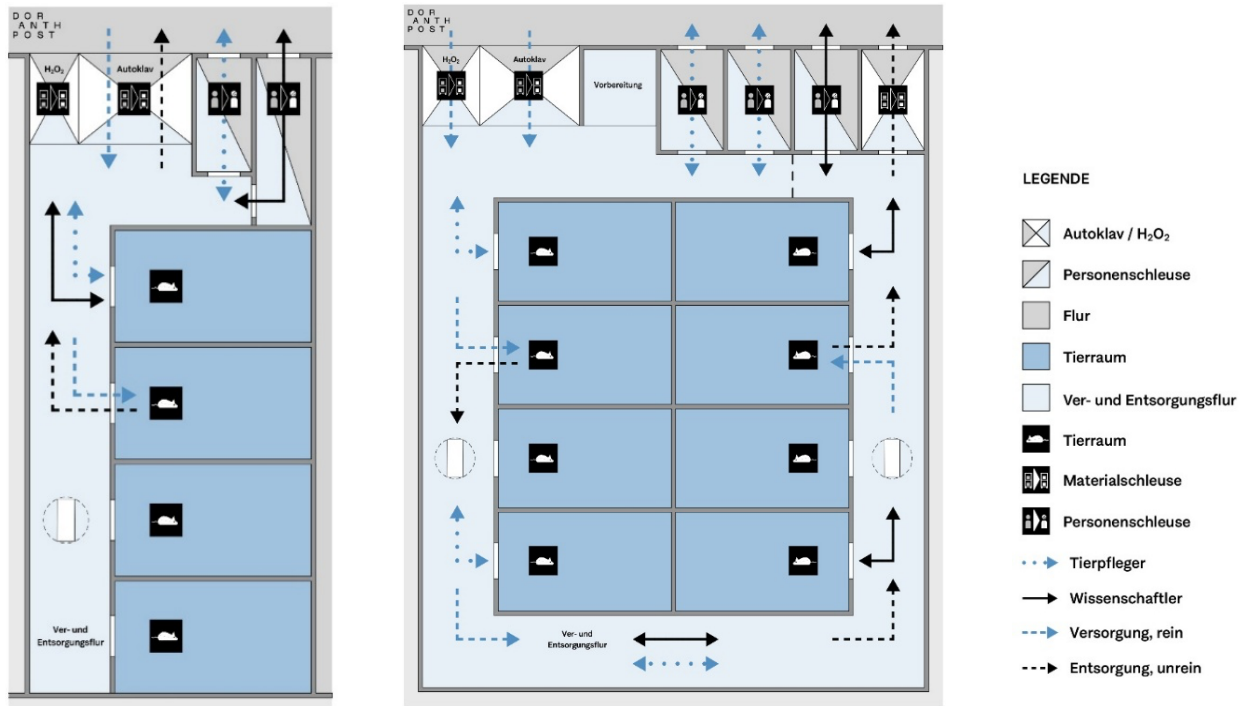


Abbildung 3: Tierhaltungsbereich im 1-Korridor-Prinzip

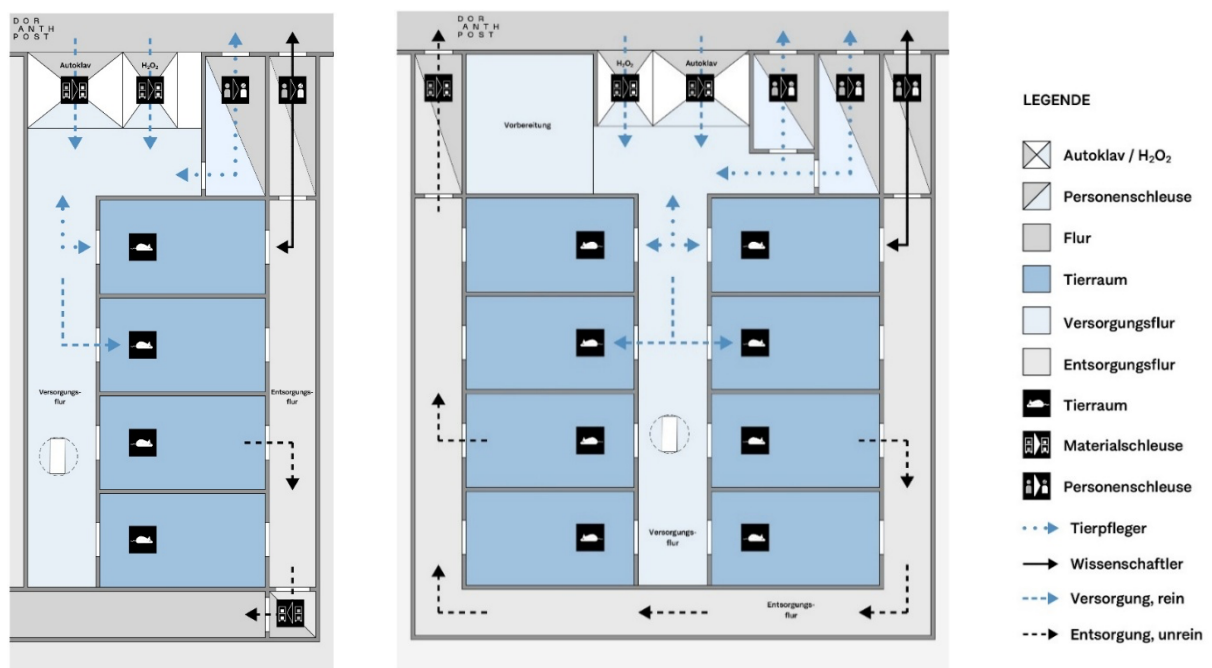


Abbildung 4: Tierhaltungsbereich im 2-Korridor-Prinzip

Jeder Tierhaltungsbereich benötigt eine Schleusenzone, durch die sowohl Personen als auch das Material hinter die Barriere in den Versorgungsflur gelangen, der über genügend Aufstell- und Lagerfläche direkt nach den Schleuseneinrichtungen verfügt. Entlang dieses Versorgungsflurs sind die Tierhaltungsräume aufgereiht.

Beim Ein-Korridor-Prinzip erfolgt die Ver- und die Entsorgung der Tierhaltungsräume nur über einen Flur, alle Personen- und Materialwege kreuzen sich vor diesen Räumen und verursachen so ein potenziell höheres Risiko einer Kreuzkontamination. Das Ausschleusen des „unreinen“ Materials kann über die Versorgungsschleusen oder idealerweise über gesonderte, in entgegengesetzter Richtung angeordnete Materialschleusen erfolgen.

Beim Zwei-Korridor-Prinzip oder Drei-Korridor-Prinzip - falls die Tierhaltungsräume gespiegelt beidseitig des Versorgungsflurs angeordnet werden - erfolgt eine strikte Trennung der Versorgungs- und Entsorgungswege. Auf der einen Seite gelangt das reine Material in den Raum, auf der anderen Seite verlässt das unreine Material den Raum nach dem Umsetzen der Tiere in den Entsorgungskorridor. So wird das Risiko einer Kreuzkontamination erheblich reduziert. Dieses Prinzip findet vorrangig Anwendung bei Haltungen mit spezifiziert pathogenfreiem Hygienestatus (SPF-Haltungen). Aufgrund des höheren Verkehrsflächenanteils durch den zusätzlichen Flur ist diese Lösung mit höheren Investitionskosten verbunden.

In allen Tierhaltungsbereichen sollten möglichst wenig haustechnische Einrichtungen oder Bauteile installiert werden, die durch Fremdpersonal gewartet oder eingestellt werden müssen. So kann das Einschleusen von Technikern mit dem benötigten Werkzeug/Material und das damit verbundene Hygienierisiko reduziert werden.

Die haustechnische Versorgung des Tierhaltungsbereichs mit Medien (Luft, Wasser, Gas, Elektrotechnik) sollte auf kurzem Wege direkt von den Technikzentralen erfolgen. Dies gilt insbesondere für die Lüftungstechnik, wenn über die Kanäle die Räume auch begast werden sollen. Weitere Ausführungen dazu finden sich in Kapitel 8 (Gebäude und Technik).

4.4 Beschreibung Raumarten

4.4.1 Tierhaltungsräume

Den Standardtierhaltungsraum für alle Nutzungszwecke und Versuchstierarten gibt es nicht. Denn in Abhängigkeit von der Tierart (Labornager, aquatische Spezies, Primaten etc.) variieren die spezifischen Anforderungen an den Tierhaltungsraum stark.

Die Abmessungen der Tierhaltungsräume und ihrer Nebenflächen werden durch die Maße und Anzahl der Haltungssysteme (z.B. Käfiggestelle und/oder Gebläseeinheiten), der Käfigwechselstationen, die Transportmittel und den Bewegungsraum für das Pflegepersonal bestimmt. Bei der Planung der Regalaufstellung innerhalb der Räume ist auf eine gute Raumausnutzung (möglichst viele Käfige pro Quadratmeter) und auf ausreichend Platz für ein ergonomisches Arbeiten zu achten. Ob einseitige – in der Regel wandparallel angeordnete – oder doppelseitige – in der Regel kammartig, d. h. rechtwinklig zur Längswand aufgestellte – Gestelle geplant werden, hängt maßgeblich von der Raumgeometrie ab. Einseitige Regale finden vorrangig in länglichen Räumen Verwendung, doppelseitige eher in größeren, häufig

quadratisch geschnittenen Räumen. In allen Fällen ist darauf zu achten, dass ausreichend Platz für das Verfahren der Umsetzstationen zu den Regalen vorhanden ist, da andernfalls die Laufwege der Tierpfleger/-innen beim Umsetzen unverhältnismäßig lang werden.

Für die Ermittlung der Raumhöhen müssen neben der Arbeitsstättenverordnung auch der Platzbedarf für die erforderlichen Medien (z.B. Klimakanäle, Elektro- und IT-Datenversorgung, Brandmelder, Wasserversorgung) sowie das gewählte Lüftungskonzept und gegebenenfalls Labormöbel (z.B. höhenverstellbare Werkbänke) berücksichtigt werden. Üblicherweise ergeben sich daraus Raumhöhen zwischen 2,80 m und 3,50 m.

Die Tierraumausstattung - d.h. Käfiggestelle, Käfige, Gebläseeinheiten, Umsetzstationen, Arbeitstische, Arbeits- und Transportwagen etc.- muss eine leichte Reinigung und Desinfektion des Raumes ermöglichen. Sie sollte daher auf ein Minimum beschränkt und zur erleichterten Fußbodenreinigung möglichst mobil sein (z.B. mit Rollen ausgestattet). Gemäß GenTSV [9] muss tierhaltungsnah eine Händewasch- und Desinfektionsmöglichkeit vorgehalten werden. Diese sollte sich idealerweise im Flur oder in den Zugangsschleusen befinden, jedoch nicht im Tierhaltungsraum selbst.

Ein Tierhaltungsraum mit ca. 20 bis 25 m² Grundfläche, so wie er in der Vergangenheit oftmals als „Standardtierhaltungsraum“ bezeichnet wurde, hat auch heute noch vielfach Vorteile, auch wenn aus verschiedenen Gründen teilweise größere Tierhaltungsräume gewünscht werden. Besonders größere Spezies wie Schweine oder Hunde werden zum Teil in anderen Raumgrößen gehalten.

Vorteile kleiner Tierhaltungsräume mit ca. 20 bis 25 m² Grundfläche sind:

- Jeder Raum kann als eigenständige Hygieneeinheit betrachtet werden, wodurch eine Ausbreitung von Infektionen erschwert wird.
- Jeder Raum bietet die Möglichkeit zur Einrichtung einer eigenen Klima- und Zeitzone und einer separaten Zutrittsregelung.
- Die getrennte Haltung verschiedener Spezies wird erleichtert. (Klassischer Fall: Mäuse und Ratten werden nicht im selben Raum gehalten)
- Der einheitliche modulare Aufbau der Räume erlaubt Standardisierungseffekte bei Ausstattung und Betrieb.
- Bei richtiger Auswahl der Raumgeometrie lässt sich durch wandparallele Anordnung von einseitigen Haltungssystemen (z.B. Käfiggestellen) eine sehr übersichtliche Anordnung erzielen, die das Arbeiten wesentlich erleichtert und den Personaleinsatz reduziert. Dabei ist auf die notwendigen Stellflächen für Käfigwechselstationen, Dokumentations- und Logistiksysteme zu achten.
- Störungen in einem Raum wirken sich nur auf die relativ wenigen Tiere dieses Raumes aus, wodurch das Gesamtsystem fehlertoleranter wird.

Nachteile kleiner Tierhaltungsräume mit ca. 20 bis 25 m² Grundfläche sind:

- Höhere Baukosten
- Gegebenenfalls höhere Ausstattungskosten, wenn gewisse Komponenten, z.B. Umsetzbänke, Gebläseeinheiten mit dezentraler Luftbefeuchtung oder IT-Netzwerkanschlüsse, in jedem Raum vorgesehen werden
- Gegebenenfalls höhere Wartungs- und Instandhaltungskosten.

Die genannten Vor- und Nachteile kleinerer Räume lassen sich analog umgekehrt als Nach- und Vorteile größerer Räume (häufig ca. 40 m², teilweise auch größer) betrachten. Bei sorgfältiger Raumplanung werden sowohl in großen als auch in kleinen Räumen vergleichbare Käfigdichten (Anzahl der Käfige pro Quadratmeter) erreicht.

4.4.2 Barriere und Schleuseneinrichtungen

Eine Barriere beschreibt die Gesamtheit der baulich-technischen Einrichtungen - zumeist in Form von Schleusen - sowie der hygienischen und organisatorischen Abschirmmaßnahmen zum mikrobiologischen und hygienischen Schutz der Versuchstiere gegenüber der Umwelt und/oder umgekehrt. Dabei müssen alle potenziellen Träger von Kontaminationen berücksichtigt werden, darunter Versuchstiere (Zukauf), Personen (Tierpfleger/-innen, Wissenschaftler/-innen), Materialien (Futter, Einstreu, Versuchstiertechnik), Medien (Wasser, Luft), biologische Materialien (z.B. Substanzen, Zellkulturen und Seren), spezielles Instrumentarium für die Experimente sowie Wildnager und Insekten.

Die Entscheidung über Art und Anzahl von Barriereeinheiten und Schleusensysteme beeinflusst die Betriebsabläufe und damit den Betriebsaufwand eines Tierhauses. Mit der Anzahl der Barriereeinheiten steigen die Investitionskosten sowie der Arbeits- und Betriebsaufwand. Größere Barrieren sind zwar wirtschaftlicher, jedoch sind die Folgen eines Infektionseinbruchs aufgrund der höheren Tierzahlen gravierender als bei kleineren Einheiten.

1. Materialschleusen (siehe Kapitel 8.12 Schleuseneinrichtungen):

Alle Materialien, die in den reinen Tierhaltungsbereichen benötigt werden, müssen so behandelt werden, dass die Tiere und die mit ihnen durchgeführten Forschungsprojekte nicht durch unerwünschte Erreger beeinträchtigt werden. Je nach Anforderung kann eine Desinfektion oder eine Sterilisation notwendig sein.

Materialschleusen sind vorgefertigte Bauteile mit Kammer und gasdichten Türen oder durch bauliche Elemente abgetrennte Raumbereiche jeweils mit gegenseitig verriegelten Türelementen, die von der unreinen Seite beschickt und nach Programmdurchlauf von der reinen Seite entleert werden. Technische Lösungen für solche Einrichtungen sind beispielsweise bodeneben befahrbare Kammern (z.B. Durchfahrautoklaven, H₂O₂-Schleusen, Heißluftsterilisatoren), die idealerweise so groß dimensioniert werden, dass sie Transportwagen oder Gestelle aufnehmen können. Für andere Desinfektionsgüter stehen darüber hinaus auch kleinere Tauch-, Sprüh- sowie begasbare Materialschleusen zur Verfügung.

Bei biologischen Materialien (Zellen, Antikörper, Seren etc.) ist sicherzustellen, dass diese selbst keine unerwünschten Erreger beinhalten. Deshalb ist es empfehlenswert, biologische Materialien (auch humanen Ursprungs) prinzipiell als kontaminiert zu betrachten und sie erst für Experimente zu verwenden, wenn ihr Freisein von Pathogenen (Viren, Bakterien, Parasiten) nachgewiesen (Mouse Antibody Production Test, Rat Antibody Production Test, Polymerase Chain Reaction) und in entsprechenden Zertifikaten dokumentiert ist.

2. Personenschleusen:

Für den Erhalt der mikrobiologischen Qualität von Versuchstieren ist auch ein hygienisch kontrollierter Zugang für das Personal notwendig. Der Wechsel von Schuhen und Kleidung und/oder die Abdeckung der Körperoberfläche sind unbedingt notwendig, um das Einbringen unerwünschter Erreger in Tierhaltungsbereiche zu verhindern.

Meist wird der Personalzugang zu Barrieren über eine Drei-Kammer-Personalschleuse organisiert: 1. Entkleiden, 2. Zwangsdusche (Nass- oder Luftdusche), 3. Ankleiden mit steriler Bereichskleidung. Die Reihenfolge der drei Kammern kann variieren.

Daneben gibt es auch Ein- und Zwei-Kammerschleusen, mit und ohne „Sit-Over“ (z.B. bei Großtierhaltungen). Alle Personen, inklusive der Experimentator/-innen, müssen diese Personenschleusen benutzen. Durch die Schleusen mit ihren gegeneinander verriegelten Türen wird außerdem die (Luft-)Druckdifferenz zum Tierhaltungsbereich aufrechterhalten, wenn das Personal die Schleuse passiert. Auch erschweren die Schleusentüren das Eindringen von Insekten und Wildnagern in den reinen Bereich.

- Nassduschen:

Hier handelt es sich um eine Kammer, in der ein zwangsweises Duschen erfolgt. In einem Vorraum findet das Ablegen der Kleidung statt. In einem Raum hinter der Nassdusche findet das Anlegen der Bereichskleidung statt.

- Luftduschen:

Bei Personenschleusen mit Luftduschen sind in der Raumanordnung für das Entkleiden und Ankleiden zwei verschiedene Varianten bekannt:

Variante 1 folgt der in der industriellen Reinraumtechnik üblichen Reihenfolge: 1. Entkleiden, 2. Anlegen der Bereichskleidung, 3. Luftduschkabine, in der die Person „abgeblasen“ wird.

Variante 2 weist analog zur Nassdusche folgende Reihenfolge auf: 1. Entkleiden, 2. Luftdusche, 3. Ankleidebereich.

Das Wirkprinzip einer Luftdusche besteht darin, die an Partikeln anhaftenden Erreger durch den Luftstrom zu entfernen. Die reinigende Wirkung hängt von der Luftleistung und der getragenen Kleidung ab.

Für alle Varianten des Duschens ist der komplette (Ober-)Kleidungswechsel ein wesentlicher Bestandteil zur Verhinderung des Einbringens von Keimen in die Tierhaltung.

3. Tierschleusen:

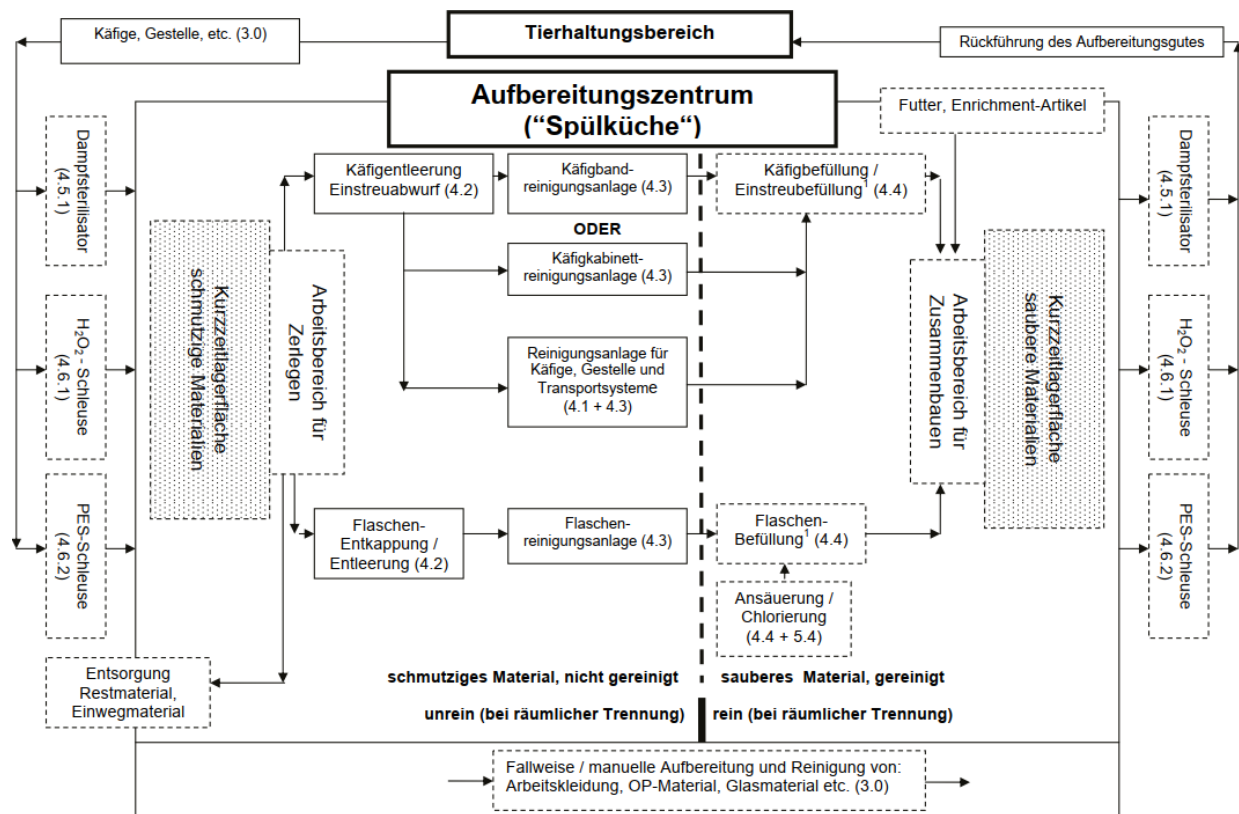
Um Tiere in eine Barriere ein- oder auszuschleusen, werden verschiedene Verfahren angewendet. Zumeist kommen gesonderte „Transferschleusen zum Einsatz, für die analog zu Materialschleusen verschiedene technische Einrichtungen zur Verfügung stehen. Je nach hygienischer Anforderung kann dies im desinfizierten Transportbehälter erfolgen oder durch Umpacken unter Laminar-Flow-Bedingungen in eine spezielle, desinfizierbare Transferbox. Darüber hinaus gibt es auch Systeme, bei denen eine Laminar-Flow-Werkbank direkt an eine Transferschleuse angeschlossen werden kann. Häufig wird für die Annahme von Tieren ein gesonderter Raum eingeplant, der über eine Transferschleuse zum Tierhaltungsbereich verfügt. Für das Ausschleusen von Tieren kommen vergleichbare Einrichtungen zum Einsatz.

4.4.3 Aufbereitungsbereich

Das Aufbereiten von Käfigen, Tränkeflaschen, Gestellen und Zubehör sollte unbedingt außerhalb der Tierhaltungsräume stattfinden. Wird dazu das aufzubereitende („schmutzige“) Material von den Tierhaltungsräumen über die Schleusen zum Aufbereitungszentrum („Spülküche“) verbracht, so kann die Verschmutzung der Tierhaltungsräume selbst minimiert werden, was der Hygiene in den Tierhaltungsräumen zugutekommt.

Je nach Art und Menge des Aufbereitungsgutes stehen verschiedene technische Lösungen zur Verfügung, um die maschinelle Aufbereitung, die stets anzustreben ist, ergonomisch, hygienisch einwandfrei und wirtschaftlich zu realisieren. Aus Gründen des Arbeitsschutzes ist dabei besonders auf die ergonomische Gestaltung der Prozesse zu achten. Der Einsatz von teil- und vollautomatischen Systemen ist auch in Hinblick auf Ressourcenschonung und Betriebskosten zu bevorzugen. Der Ersatz fossiler Energien für die Beheizung der Anlagen durch regenerative Energie kann zu einem nachhaltigeren Betrieb eines Aufbereitungszentrums führen. Weiterführende Empfehlungen zu modernen und nachhaltigen Aufbereitungsanlagen und -Prozessen sind ausführlich in der Broschüre „Käfigaufbereitung in der Tierhaltung richtig gemacht“ beschrieben, erarbeitet und herausgegeben vom AK KAB, dem Arbeitskreis Käfigaufbereitung, einer herstellerneutralen Arbeitsgruppe mit Mitgliedern aus Industrie und Forschung [30]. Die Broschüre beschreibt darüber hinaus die häufigsten Fehler bei der Aufbereitung sowie Möglichkeiten zu deren Vermeidung und befindet sich aktuell in Überarbeitung (Stand 08-2026).

Die einzelnen Prozess-Schritte sowie der Prozesskreislauf in einem Aufbereitungszentrum sind in folgender Abbildung dargestellt, die mit freundlicher Genehmigung des AK KAB aus dessen Broschüre übernommen wurde. (Die Ziffern bei den einzelnen Aufbereitungsfunktionen beziehen sich auf die jeweiligen Kapitel in der Broschüre.)



Anmerkung: Gestrichelte Kästchen können, müssen aber nicht wie dargestellt im Prozesskreislauf beinhaltet

Abbildung 5: Der Prozesskreislauf in einem Aufbereitungszentrum aus „Käfigaufbereitung in der Tierhaltung richtig gemacht“ vom Arbeitskreis Käfigaufbereitung [30].

Allgemeiner Hinweis:

Für die angemessene Auslegung und Durchsatzleistungen der Barrieren- und Schleusensysteme sowie der technischen Lösungen für die Aufbereitung, müssen neben der Gesamtkapazität der Haltungssysteme auch die zu erwartende Stückzahlen der zu transportierenden, aufzubereitenden, einzuschleusenden und zu lagernden Güter sowie das dafür notwendige Zeitkontingent ermittelt werden. Dafür ist die frühzeitige Festlegung der Käfigwechselintervalle im Tierhaltungsraum und der Art des Käfigwechsel (komplett oder partiell) im Rahmen der Bedarfsplanung erforderlich.

Durch organisatorische Maßnahmen oder den Einsatz von Haltungssystemen mit digitaler und sensorgestützter Überwachung des Verschmutzungsgrades, können traditionelle wöchentliche oder zweiwöchige Wechselintervalle je nach Tierbesatz verlängert werden: Dies kann Auswirkungen auf die Auslegung der Barrieren- und Schleusensysteme, der technischen Lösungen für die Aufbereitung, des Personalbedarfs und der Betriebskosten haben.

4.4.4 Lagerräume/Nebenräume

Zentrale Lagerräume außerhalb der Tierhaltungsbereiche müssen in ausreichender Größe vorhanden sein. Unterschiedliche Lagergüter, wie Käfige, Futter, Einstreu, Desinfektionsmittel und andere Verbrauchsmaterialien, sollten in verschiedenen Räumen gelagert werden, um lieferungsbedingte Kontaminationen lokal zu begrenzen. Der Lagerraum sollte für eine Vorratshaltung von drei bis vier Wochen ausgelegt sein.

Ein häufigerer Umschlag der Lagergüter, wie Futter und Einstreu, erleichtert auch das Erkennen von Kontaminationen und deren Beseitigung. Räume zur Futterlagerung sollten temperierbar sein. Für die Lagerung von Gefahrstoffen und Gasflaschen sind Sicherheitsschränke notwendig. Wird in den Labor- und Tierhaltungsbereichen mit radioaktiven Isotopen gearbeitet, sind gesonderte Abklingräume vorzusehen. Die Anlieferung sollte über eine LKW-Anfahrt, gegebenenfalls mit Laderampe, verfügen und eine möglichst schwellenlose Verbindung zu den Lagern für Ver- und Entsorgung ermöglichen.

Nebenräume innerhalb des Tierhaltungsbereichs zur Zwischenlagerung von Futter, Einstreu, Käfigen und sonstigem Material, sollen so bemessen sein, dass ein kurzzeitiger Ausfall von Aufbereitungskomponenten - etwa des Autoklaven - überbrückt werden kann. Ihre bauliche Ausführung sollte der von Tierhaltungsräumen entsprechen, um eine leichte Reinigung und Desinfektion zu erlauben. Die Luftwechselrate kann jedoch geringer ausfallen.

Tierkadaver müssen je nach Größe der Tierhaltung in Tierkühltruhen oder in Kühlräumen gelagert werden, bevor sie ordnungsgemäß beseitigt werden. Grundsätzlich sind Tierabfälle separat zu lagern und zu kühlen bzw. zu gefrieren.

4.4.5 Sozial- bzw. Personalräume (außerhalb der Barriere)

Personalräume, wie Aufenthalts-, Ess-, Garderoben- und Umkleideräume, sowie Sanitärräume müssen außerhalb des Tierhaltungsbereichs zur Verfügung stehen. Während die Tierhaltungsräume in der Regel ausschließlich künstliche Beleuchtungen aufweisen, müssen dem Personal Aufenthaltsräume mit natürlichem Tageslicht und einer Sichtverbindung nach außen zur Verfügung gestellt werden.

Umkleide-, Dusch- und Sanitärräume:

Innerhalb des Tierhaltungsgebäudes sollte generell, d.h. auch außerhalb des eigentlichen Tierhaltungsbereichs, spezielle Arbeitskleidung getragen werden. Deshalb ist es sinnvoll, in der Nähe des Haupteingangs ausreichend Umkleide-, Garderoben-, Wasch- und Duschmöglichkeiten für alle Nutzer/-innen und Mitarbeiter/-innen vorzusehen, in denen ein Ablegen der Straßenkleidung erfolgt.

Toiletten:

Toiletten sollten immer in der Nähe der zentralen Umkleide vorgesehen werden.

Werden Toiletten innerhalb der Barriere zur Verfügung vorgesehen, sind folgende Hygienemaßnahmen zu beachten:

- Reinigung und Desinfektion der Hände

- Bereitstellung einer Desinfektionslösung als Spüllösung
- mehrmalige tägliche Desinfektion der Toiletten
- regelmäßige Hygienekontrollen von Oberflächen, wie dem Toilettensitz oder Türklinken

Aufenthalts- und Essräume:

Diese befinden sich in der Regel außerhalb der Tierhaltungsbereiche.

Ist das Essen innerhalb der Barriere gestattet, ist die Einrichtung eines zusätzlichen Aufenthaltsraums entsprechend der Arbeitsstättenrichtlinie [26] erforderlich sein. Das Einschleusen und Aufbewahren von Lebensmitteln innerhalb der Barriere muss unter Einhaltung spezieller Hygienemaßnahmen streng reglementiert werden, um hygienische Risiken zu vermeiden.

4.4.6 Verwaltungsräume

Für Leitungs- und Verwaltungsaufgaben in einem Versuchstierhaltungsgebäude sind Büroräume außerhalb der Tierhaltungsbereiche vorzusehen.

4.4.7 Laborräume

Folgende Labore können u.a. erforderlich sein:

- OP-Räume
- Mikroinjektionslabore
- Bestrahlungsräume
- Räume für bildgebende Verfahren (Imaging-Verfahren)
- Räume für Verhaltensuntersuchungen
- Sektions-, Pathologie- und Histologielabore
- Diagnostiklabore (Bakteriologie, Virologie, Parasitologie, klinische Chemie, Hämatologie, Kalorimetrie)
- Labore für die genetische Qualitätskontrolle
- Kryokonservierungsräume

Für derartige Speziallabore sind besondere Anforderungen und Vorschriften zu beachten. Es wird deshalb empfohlen, bei der Planung entsprechende Fachplaner/-innen hinzuzuziehen.

Aufgrund des Aufwands zur Einhaltung des Hygienestatus ist es sinnvoll, tierexperimentelle Labore möglichst außerhalb der Barriere anzuordnen. Arbeiten in Laborräumen innerhalb der Barriere sind nur dann sinnvoll, wenn die Aufrechterhaltung des Hygienestatus der Versuchstiere für den Fortgang des Tierexperiments (z.B. nicht bei finalen Experimenten) oder es sich um Langzeitexperimente handelt, bei denen regelmäßiger Zugang von Forscher/-innen zu den Versuchstieren erforderlich ist.

Alle Laborräume innerhalb eines Tierhaltungsbereichs sind in das Hygienemanagement der anliegenden Tierhaltungsräume zu integrieren. Dies bedeutet, dass die Gestaltung hygienisch wichtiger Arbeitsabläufe, wie der Personenzugang, das Einbringen von Materialien und die Durchführung von Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen, nach den gleichen Prinzipien wie für die übrige Barriere erfolgen muss. Der vorübergehende Aufenthalt der Versuchstiere in

solchen Laboren darf ihren Hygienestatus nicht verändern, sofern sie anschließend wieder in die Herkunftstierhaltungsräume zurückgebracht, dort weiter gehalten und evtl. gezüchtet werden sollten.

Anmerkung: Ist dies nicht zu gewährleisten, müssen die Tiere anschließend in einem eigenständigen Bereich gehalten werden. Bewährt hat sich in diesen Fällen ein Einbahnstraßenprinzip: Arbeiten „von rein nach unrein“.

Einrichtungsgegenstände und Verbrauchsmaterialien dieser Speziallabore sind auf ein Minimum zu reduzieren und müssen prinzipiell gut zu reinigen und zu desinfizieren sein. Deshalb sollte sich die Einrichtung von Laborräumen im Tierhaltungsbereich streng auf Labore begrenzen, in denen intensiv tierexperimentell gearbeitet wird.

4.4.8 Technik- und Serverräume

Technik- und Serverräume zur Versorgung der Tierhaltungsbereiche sollen nach Möglichkeit so angeordnet werden, dass sie ausschließlich von der unreinen Seite zugänglich sind. Innerhalb der Tierhaltungsräume werden nur die zur Funktion erforderlichen Endgeräte installiert. Somit wird weitgehend vermieden, dass innerhalb von Barrierebereichen technische Anlagen zu warten sind und technisches Wartungspersonal den Tierhaltungsbereich hierfür betreten muss. IT- und Serverräume sind speziell zu sichern, da die Daten hohe Sicherheitsrelevanz haben. Eine ausreichende Lüftung und / oder Kühlung muss möglich sein, um die von den Geräten erzeugte Wärme abzuführen.

4.4.9 Quarantänebereiche

Für Quarantänebereiche gelten die gleichen Grundprinzipien wie für die sonstigen Tierhaltungsbereiche. Je nach erforderlicher Größe, Anzahl der Tierhaltungsräume und Komplexität kann es sich hierbei von einzelnen Tierhaltungsräumen bis hin zu autark betriebenen Tierhaltungsbereichen handeln.

Das Einschleusen von zugekauften Versuchstieren in Tierhaltungsbereiche mit hohem hygienischem Standard stellt stets ein hohes hygienisches Risiko dar. Mithilfe verschiedener Maßnahmen kann dieses Risiko verringert werden.

Hygienisch konsequente und sichere Methoden sind:

1. Überführung von Tieren aus externen Haltungen in die eigenen Haltungsbereiche über Embryotransfer oder Hysterektomie. Die Arbeit mit infizierten Versuchstierstämmen sollte bis zum Nachweis ihrer erfolgreichen Sanierung von den Erregern in völlig separaten Infektions- oder Quarantänestationen erfolgen.
2. Separate Haltung der zugekauften Tiere in streng isolierten Bereichen oder Haltungssystemen für die gesamte Lebensdauer. Der Umgang mit diesen Tieren erfordert geeignete Hygienemaßnahmen, um eine Infektion der Populationen verschiedener Herkunft untereinander zu vermeiden.

Die klassische, vorübergehende Quarantänehaltung von Versuchstieren ist mit vielen Nachteilen behaftet und nicht geeignet, das Risiko der Erregereinschleppung auszuschließen. Sie führt zu einer Einbuße an Flexibilität durch einen zwangsweisen langen Zwischenaufenthalt der Tiere. Sie ist ferner mit hohen Kosten durch zusätzlichen Raumbedarf, hohen organisatorischen und personellen Aufwand, hohe Laborkapazität und Kosten für die Untersuchung der Tiere während der Quarantänezeit verbunden. Die Untersuchung der Tiere während der Quarantäne muss in Stichprobengröße, Stichprobenart und Entnahmezeitpunkt die unterschiedlich langen Präpatenzzeiten von Parasiten, Latenzphasen der Antikörperbildung nach Infektion sowie die Verbreitungsrate der Erreger - der Prävalenz - berücksichtigen, um sichere Aussagen zu ermöglichen. Aus den genannten Gründen kommt die klassische vorübergehende Quarantänehaltung fast nur noch bei größeren Versuchstieren wie z.B. landwirtschaftlichen Nutztieren zum Einsatz.

4.5 Einstufung der Räume und Flure

Aufgrund folgender Rechtsvorschriften erfolgt die Einstufung der Räume und Flure gemäß GenTG (Biosicherheitsstufen S1-S4) [21] sowie BioStoffV (Schutzstufen BSL1-BSL4) [10].

Sicherheitslabore (auch Biosicherheitslabore oder BSL) sind spezialisierte Einrichtungen, die den Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen regeln, um das Laborpersonal und die Umwelt zu schützen. Sie sind gemäß GenTG in vier Stufen (S1-S4) unterteilt, basierend auf dem Risiko der untersuchten Erreger [31].

- S1 (Biosicherheitsstufe 1): Labore für Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen, bei denen es unwahrscheinlich ist, dass sie beim Menschen eine Krankheit verursachen.
- S2 (Biosicherheitsstufe 2): Labore für den Umgang mit Mikroorganismen, die beim Menschen Krankheiten verursachen können, aber selten eine ernste Gefahr darstellen und für die oft Impfungen oder Therapien verfügbar sind.
- S3 (Biosicherheitsstufe 3): Hochsicherheitslabore für gefährliche Erreger, die schwere Erkrankungen hervorrufen können, sich in der Regel über die Luft (Aerosole) übertragen und oft nicht behandelbar sind (z. B. Tuberkulose).
- S4 (Biosicherheitsstufe 4): Das höchste Sicherheitsniveau, ausgelegt für exotische, sehr gefährliche Erreger, die tödliche Krankheiten verursachen, hohes Risiko für die Bevölkerung darstellen und für die meist keine Impfstoffe oder Behandlungen existieren.

Bei der Planung von Sonderbereichen mit Sicherheitsschutzstufen, sind neben dem Einschleusen auch für das sichere Ausschleusen die besonderen Anforderungen an Personalschleusen und insbesondere für die Entsorgung von infektiösem Material einschließlich der Tiere bzw. Kadaver auf die notwendigen Materialschleusen zu achten.

5. Haltungssysteme

Versuchstiere können unterschiedlich intensiv gegen Umgebungseinflüsse abgeschirmt werden. Dies kann auf Ebene eines Tierhaltungsbereichs, eines Haltungsraums, einer Gruppe von Käfigen innerhalb eines Haltungsraums oder des einzelnen Käfigs erfolgen.

Physikalische Faktoren, wie z.B. Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftdruck, Luftwechselraten und Luftfiltrierung werden durch Lüftungstechnische Einrichtungen überwacht. Weitere technische Einrichtungen übernehmen die Steuerung von Lichtintensität und Lichtrhythmus. Besondere Bedeutung kommt auch der Lärmreduktion zu (siehe Kapitel 8 Gebäude und Technik).

Für die hygienische Abschirmung sind neben der genannten Raumluftkonditionierung auch Schleusensysteme und Desinfektionsvorrichtungen für Material und Personal sowie eindeutige Regelungen (wie Standardarbeitsanweisungen, SOPs) für das Handling der Tiere beim Einschleusen, Versorgen und Experimentieren erforderlich.

Grundsätzlich wird zwischen hygienisch offenen bzw. konventionellen Tierhaltungen und Barrierehaltungen unterschieden. Durch die Kombinationsmöglichkeiten von verschiedenen Käfigssystemen mit diversen Organisationsmaßnahmen ist – insbesondere bei der Nagerhaltung – eine Vielzahl von individuell unterschiedlichen Haltungsformen möglich.

Die GV-SOLAS hat zu einzelnen Spezies (z.B. Mäuse und Ratten) gesonderte Broschüren veröffentlicht (siehe Homepage der [GV-SOLAS](#)). An dieser Stelle werden daher nur übergreifende Gesichtspunkte zu den Haltungssystemen ausgeführt.

5.1 Konventionelle Haltungssysteme

Bei einer konventionellen Haltung sind hygienische Maßnahmen zugunsten eines einfachen Zugangs auf das Anlegen von Überschuhen und Kitteln reduziert oder gänzlich nicht vorhanden. Eine strenge hygienische Isolierung der Tiere gegenüber der Umgebung außerhalb des Haltungsbereichs besteht nicht. Besondere Barrieremaßnahmen und Hygieneschleusen sind in der Regel nicht vorgesehen. Die Haltung der Tiere erfolgt je nach Tierart vielfach in offenen, mit einem Gitter verschlossenen Käfigen oder in nach oben offenen Boxen. Das Handling der Tiere erfordert keine besonderen hygienischen Maßnahmen. Erreger können sich über Staubpartikel und Aerosole relativ ungehindert zwischen allen Käfigen im Raum austauschen, sofern nicht andere, zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, z.B. statische Filterhauben auf den Käfigschalen. Über die gleichen Wege verbreiten sich auch Allergene im Raum. Dem Staubanteil der Einstreu kommt für die Verbreitung von Allergenen in der offenen Käfighaltung eine besondere Bedeutung zu. Die Belüftung im Aufenthaltsbereich der Tiere hängt wesentlich von der Luftführung im Raum ab. Aufgrund langjähriger Erfahrung wird in den Tierhaltungsräumen ein 15- bis 20-facher Luftwechsel für die am häufigsten verwendeten Tierarten empfohlen (siehe Kapitel 8 Gebäude und Technik).

5.2 Barriersysteme

5.2.1 Raumbarrieren

Wie in der konventionellen Haltung wird die Luftkonditionierung im Raum standardisiert geregelt. Zusätzlich sind die Tiere hygienisch streng von der Umgebung außerhalb des Haltungsraums isoliert. Dazu erfolgt die Belüftung der Räume über Hochleistungs-Schwebstoff-Filter (HOSCH/HEPA). Je nach Barrierekonzept erfolgt gegebenenfalls auch die Entlüftung über

HOSCH-/ HEPA-Filter (z.B. bei Emissionsbarrieren, Isolation infizierter Tiere, S3-Haltung). Je nach Verwendungszweck kann das System gegenüber der Umgebung mit Überdruck (Immissionsbarriere: Vermeidung von Erregereintrag) oder Unterdruck (Emissionsbarriere: Vermeidung von Erregeraustrag) gefahren werden. Der Zugang des Personals erfolgt über Personalschleusen mit oder ohne Duschen (Luft- oder Nassduschen), stets jedoch nach Kleidungswechsel und Desinfektionsmaßnahmen. Material wird über Materialschleusen eingebracht per Dampf-, oder Hitze-Sterilisation für thermostabile Güter oder Tauchtanks, H₂O₂-Kammern und Desinfektionsschleusen für thermolabile Güter. Türen zum unreinen Bereich, die ausschließlich zu Revisionszwecken benötigt werden, sind gasdicht oder abdichtbar ausgeführt und im Barrierebetrieb stets geschlossen zu halten.

Bei Haltung in offenen Käfigsystemen (Käfigschale + Gitterdeckel ohne weitere Haube) bestehen innerhalb des Barriersystems keine Hygieneschranken zwischen den Käfigen eines Raums.

5.2.2 Tierhaltungsschrank

Für die Nagerhaltung kommen auch Tierhaltungsschränke zum Einsatz. Sie sind geeignet, um geringe Tierzahlen in Räumen unterzubringen, die sonst aufgrund ihrer zu geringen Luftwechselrate nicht als Tierhaltungsräume ausgelegt sind. Sie sind für die labornahe Unterbringung von Tieren im Versuch geeignet. Üblicherweise saugen Tierhaltungsschränke die erforderliche Luft aus dem konditionierten Raum an und HEPA-filtrieren sie. Nach Durchströmung des Tierhaltungsschranks wird die Luft gefiltert oder direkt druckentkoppelt an die Raumabluft abgegeben. Tierhaltungsschränke mit integrierter Steuerung von Temperatur, Luftfeuchte und Lichtrhythmus sind hingegen eher für den experimentellen Einsatz gedacht.

Die Luftwechselrate im Schrank ist wesentlich höher als die Luftwechselrate im Haltungsraum. Ein Tierhaltungsschrank kann als hygienische Einheit angesehen werden, wenn die Zuluft HEPA-gefiltert ist und die Tiere in Käfigen mit Filterhaube gehalten werden. Nach dem Öffnen des Schranks darf die Handhabung der geöffneten Käfige nur unter Laminar-Flow-Bedingungen erfolgen. Tierhaltungsschränke, in denen der Luftstrom über jeder statischen Filterhaube gerichtet ist, verbessern die Lüftungsbedingungen in Käfigen mit statischen Filterhauben.

5.2.3 Ventilierte Käfige (Individually Ventilated Cages, IVC)

Insbesondere für die Zucht und Haltung von Nagern werden häufig IVC-Käfig-Systeme eingesetzt. Eine Haltung in IVC-Käfigen bedeutet, dass der Haltungskäfig mit einer speziellen Haube dicht geschlossen und in einem speziellen IVC-Käfig-Gestell steht. Über eine Gebläseeinheit wird Luft aus der konditionierten Raumluft angesaugt und zusätzlich HEPA-filtriert. Alternativ werden die IVC-Käfige über eine zentrale Lüftungsanlage mit konditionierter Luft versorgt. Die Abluft aus den IVC-Systemen wird HEPA-filtriert und entweder in den Raum oder direkt druckentkoppelt an die Raumabluft abgegeben.

Gebläseeinheiten mit eigener Be- und/oder Entfeuchtungsmodulen sowie Temperaturregulation bieten den Vorteil, dass sie die Luft für die Versorgung der IVC-Käfige selbst konditionieren und dadurch der Energieaufwand für die Konditionierung der Raumluft insgesamt reduziert werden kann.

In der Regel werden IVC-Käfige mit einem 60- bis 90-fachen Luftwechsel pro Stunde versorgt. Der Luftaustausch bzw. die Zu- und Abluftführung in den IVC-Käfigen sollte technisch so gelöst werden, dass keine Zugerscheinungen auftreten. Für die tägliche Inaugenscheinnahme der Tiere sollte der IVC-Käfig derart gestaltet sein, dass eine gute Sicht auf die Tiere auch im hinteren Käfigbereich gewährleistet ist. Da IVC-Käfige hantiert werden müssen, sollte der IVC-Käfig ein geringes Gewicht und eine ergonomische Gestaltung aufweisen. Die Vorteile der IVC-Haltung liegen in der sehr guten hygienischen Abschirmung der Tiere, der deutlich verminderten Allergen- und Staubbelastung des Personals und der Einsetzbarkeit auch in Räumen, deren Lüftungskapazität für eine offene Käfighaltung unzureichend ist. Aufgrund der hohen Luftwechselraten im IVC-Käfig werden Feuchtigkeit und Schadgase deutlich besser abtransportiert als im offenen Käfig.

Nachteile gegenüber der offenen Käfighaltung sind die höheren Investitionskosten sowie die zeitlich aufwendigeren Umsetzroutinen. Aus der Perspektive der Tiere im Käfig unterscheidet sich der IVC-Käfig vom offenen Käfig auch dadurch, dass die Tiere im IVC-Käfig weitgehend von den akustischen und olfaktorischen Reizen der Außenwelt abgeschirmt sind.

IVC-Käfigssysteme lassen sich mit digitalen Überwachungskomponenten ausstatten, die über reine Tierüberwachung hinaus eine gezielte Erfassung und Auswertung von Tieraktivitätsdaten für wissenschaftliche und organisatorische Zwecke ermöglichen. Wie das IVC-Käfig- und Gestellsystem selbst, sollten diese digitalen Komponenten reinig- und desinfizierbar bzw. autoklavierbar ausgestattet sein.

Bei der Hygieneüberwachung von Tierbeständen in IVC-Haltungen [32, 33] muss berücksichtigt werden, dass grundsätzlich jeder Käfig eine eigene hygienische Einheit darstellt. Die Untersuchung einer Stichprobe von Tieren aus der gesamten Population hat deshalb nicht die Aussagekraft einer gleich großen Stichprobe aus einer offenen Käfighaltung. Größere Tierpopulationen in IVC-Haltungen können auch mittels Sentinels, die auf Einstreuproben aus verschiedenen Käfigen gehalten werden, nur unzureichend überwacht werden. Siehe GV-SOLAS Broschüre „Hygieneüberwachung von Maus- und Rattenbeständen bei verschiedenen Haltungsformen“ [34].

Alternativ besteht die Möglichkeit, durch gezielte Platzierung eines Filtermediums in der IVC-Gestell- oder Systemabluft Stäube und daran anhaftende Mikroorganismen zu filtern und mittels PCR – Analyse auszuwerten.

IVC-Haltungssysteme unterscheiden sich je nach Hersteller erheblich, z.B. hinsichtlich Käfiggestaltung, Luftführung, Sicherheitstechnik, Bedienung der Gebläseeinheiten, praktischer Handhabung und zahlreicher technischer Details. Eine sorgfältige Systemauswahl ist daher unerlässlich.

Hierfür kann z.B. die Checkliste Teil II der „Leistungsbewertung von IVC-Systemen“ dienen [35].

5.2.4 Isolator

Die Haltung in Isolatoren stellt die aufwendigste Haltungsform dar. Isolatoren sind zwangsbelüftete Behältnisse mit meist ca. 1 bis 2 m³ Rauminhalt, deren Hülle aus einer

transparenten, flexiblen, luftdichten Kunststoff-Folie besteht. Für die Ver- und Entsorgung sind spezielle Sterilisationsbehälter, wie „Versorgungszylinder“, sowie spezielle Verbindungsschleusen erforderlich, die bei jedem Ein- und Ausschleusen desinfiziert werden müssen. Für die Zucht keimfreier Nager sind Überdruckisolatoren das Mittel der Wahl. Unterdruckisolatoren sind essenziell für die Haltung von z.B. experimentell infizierten Tieren. Eine olfaktorische Abgrenzung der Käfige innerhalb des Isolators besteht nicht.

Eine Alternative zur Isolatorhaltung stellen spezielle IVC-Systeme dar, die hermetisch dicht geschlossen sind und nach Entnahme aus dem IVC-Gestell auch den gewünschten Über- oder Unterdruck halten können bis der Käfig, z. B. in einer Sicherheitswerkbank geöffnet wird. Zu- und Abluftdüsen können auf Käfigebene mit HEPA-Filtern H14 ausgestattet werden, die eine weitere Sicherheitsebene darstellen.

Vorteile dieser speziellen IVC-Systeme gegenüber Isolatoren ist die mögliche separierte und isolierte Einzelhaltung von infektiösen Tieren oder keimfreien Tieren, ein einfacher und schneller Zugang sowie Sicht auf die Tiere. Weiterhin können solche speziellen IVC-Käfigsysteme mit digitalen Zusatzkomponenten ausgestattet werden, die die oben genannten Vorteile (siehe Kapitel 5.2.3 Ventilierte Käfige) bieten.

6. Haltungseinheiten

6.1 Käfige

Für die Haltung von Labornagern (Mäuse und Ratten) werden Käfige mit weitgehend standardisierten Maßen verwendet. Die gängigen Käfigtypen für Nager sind in den GV-SOLAS Broschüren zur Haltung von Mäusen und Ratten ausführlich beschrieben [36] [37].

Für Käfige haben sich verschiedene Kunststoffe bewährt:

Käfigschalen und Tränkeflaschen können aus Polycarbonat (PC), Polysulfon (PSU) oder Polyphenylsulfon (PPSU) oder anderen Kunststoffen gefertigt werden. PC hat den Nachteil, bei häufigem Autoklavieren aufgrund der bei diesem Werkstoff unvermeidlichen Hydrolyse milchig und spröde zu werden. Die neueren Werkstoffe PSU und PPSU sind thermisch, chemisch und mechanisch widerstandsfähiger. Am widerstandsfähigsten ist PPSU. PSU, und mehr noch PPSU, bieten sich bei häufigem Autoklavieren an; bei Autoklavierv Verfahren mit Temperaturen > 121°C sind diese Hochleistungskunststoffe zwingend erforderlich. Wenn Käfige nach Gebrauch zusammen mit der Einstreu autoklaviert werden, beschleunigen die Urin- und Kotablagerungen in Kombination mit der hohen Temperatur die Zerstörung von PC-Käfigschalen. Wenn gefüllte PC-Tränkeflaschen bei 121°C autoklaviert werden (und durch Temperaturvoreilung die Einströmtemperatur des Dampfes > 121°C ist), können lokale Überschreitungen der von PC maximal tolerierten Temperatur von 121°C die PC-Flaschen zerstören. PSU und PPSU haben zusätzlich den Vorteil, gegenüber allen üblichen Spülmitteln und geeigneten Klarspülern inert zu sein. Käfigschalen aus den genannten Werkstoffen sollten nicht mit Wasserstoffperoxid begast werden, da H₂O₂ sich an diese Kunststoffe bindet und Restkonzentrationen noch nach Tagen in den begasteten Käfigschalen messbar sind.

PSU und PPSU ist weniger lichtdurchlässig als PC [36].

Für einige Nager (z.B. Ratten und Gerbils) sind die Käfige auch in erhöhter Ausführung zu nutzen. Für alle Käfiggrößen gibt es die passenden Käfiggitterdeckel aus Edelstahl, die ebenfalls z.T. in erhöhter Ausführung zu beziehen sind. Sind in den Käfiggitterdeckeln auch Systeme zur Nahrungsversorgung von Nagern vorgesehen (Tränkeflaschen mit Trinknippeln, Gitterdeckel mit Futterraufe), ist auf die richtige Höhe über dem Käfigboden zu achten. Damit auch Jungtiere versorgt werden, darf der Abstand von Futterraufe und Tränkenippel zum Käfigboden nicht zu groß sein. Andererseits können zu tiefhängende oder endende Tränkenippel zum Auslaufen der Tränkeflaschen führen, wenn die Tiere Einstreu unter dem Tränkenippel anhäufen.

Für die Haltung von Meerschweinchen und Kaninchen sind verschiedene Edelstahl- oder Kunststoffkäfige erhältlich. Es werden unterschiedlich harte und kratzfeste Kunststoffe angeboten, die wie oben genannt verschiedene thermische, chemische und mechanische Beständigkeit aufweisen.

6.2 Haltungseinrichtungen für Tiere in Buchten, Boxen oder Zwingern

Die artgerechte Haltung größerer Tiere erfordert i.d.R. Haltungseinrichtungen, deren Dimensionen mit beweglichen Käfigen nicht mehr sinnvoll darzustellen sind. Deshalb werden Tierarten wie Schweine, Schafe, Ziegen, Hunde, Katzen, Frettchen oder auch Geflügel meist auf dem Raumboden in Buchten, Boxen oder Zwingern gehalten.

- Buchten:
Buchten sind Haltungseinheiten mit halbhohen festen oder modularen Wänden (Wandhöhe ca. 120 cm) mit einer Grundfläche von 6 bis 20 m². Sie sollten unterteilbar sein, um die Tiere in Gruppen oder auch einzeln halten zu können, wobei der Kontakt zur Gruppe erhalten bleibt. Der Boden der Buchten muss rutschfest und im Liegebereich wärmedämmend oder beheizt sein.
- Boxen:
Boxen sind Haltungseinheiten in geschlossenen Gebäuden, deren Grundfläche mindestens bei 2 m² liegt und deren Maximalgröße i.d.R. 6 m² nicht überschreitet. Boxen sollten herausnehmbare Zwischenwände haben, um eine Gruppenhaltung zu ermöglichen. Boxen sind im Unterschied zu Buchten meist raumhoch oder mind. 2 m hoch und mit einem abdeckenden Gitter versehen, um springende oder kletternde Tierarten wie Hunde, Katzen oder Frettchen ausbruchsicher halten zu können. Die Boxenabgrenzungen sind überwiegend aus Metallgittern gestaltet.
- Zwinger:
Dieser Begriff wird in der deutschen Tierschutz-Hundehaltungsverordnung [38] benutzt, die auch für Versuchshunde gilt. Zwinger im Innern von Gebäuden müssen mindestens 6 m² groß sein und so hoch, dass die Hunde mit ihren Pfoten die obere Abgrenzung nicht erreichen. Keine Seite des Zwingers darf kürzer als 2 m sein.



- Flure:
Die Flure vor Buchten, Boxen oder Zwingern sollten rutschfest und leicht zu reinigen sein. Sie sollten die Funktion einer Sicherheitsschleuse mit übernehmen. Zwischentüren in längeren Flurbereichen sind hierfür hilfreich.
- Ausläufe:
Ausläufe sind eingezäunte Bereiche, meist außerhalb von Gebäuden, in die Tiere zur Erfüllung ihres Bewegungsbedarfs bzw. zur Erleichterung der Reinigung in den Haltungsbereichen verbracht werden.
- Flexibilität der Haltungsformen:
Da der Bedarf an größeren Tieren nach Zahl und Art stark wechseln kann, sollten Buchten, Boxen und Zwinger in einer Modulbauweise ausgeführt werden, die die Unterbringung der verschiedensten Tierarten in der Gruppe oder auch einzeln, aber mit Kontakt zur Gruppe ermöglicht. Tränke- und Futtervorrichtungen sind bei allen Haltungseinrichtungen an die Bedürfnisse der jeweiligen Tierart anzupassen.

6.3 Haltungsbereiche für selten verwendete Tierarten

Falls selten verwendete Tierarten zum Einsatz kommen, müssen die erforderlichen Haltungsbedingungen mit einschlägigen Experten beraten und festgelegt werden. Weitere Informationen sind in den Hintergrundinformationen zum Anhang A der ETS 123 [39] sowie im Anhang III Teil B der Richtlinie 2010/63/EU [1] enthalten.

7. Richtwerte für die Haltung von Versuchstieren

7.1 Gesetzliche Richtlinien

Regelungen zur tierschutzgerechten Pflege und Unterbringung von für Versuche und andere wissenschaftliche Zwecke verwendeten Wirbeltieren gibt der Anhang A des Europäischen Übereinkommens des Europarates zum Schutz der für Versuche und andere wissenschaftliche Zwecke verwendeten Wirbeltiere vom 18.3.1986, ergänzt durch das Änderungsprotokoll vom 22.6.1998 [39]. Der Anhang A der ETS 123 wurde im Jahr 2007 überarbeitet und bildet zusammen mit der Richtlinie 2010/63/EU [1] die europäische gesetzliche Vorgabe für die Unterbringung von Versuchstieren. Beide europäische Vorgaben sind in nationales Recht in Form des Tierschutzgesetzes [2] und der Tierschutz-Versuchstierverordnung [3] übergeführt worden. Darüber hinaus werden in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung weitere Angaben für die Haltung von Nutztieren gemacht [7]. Angaben zu anderen Spezies, die für wissenschaftliche Zwecke genutzt werden, finden sich in Anhang III Teil B der Richtlinie 2010/63/EU [1].

Die hier gegebenen Haltungsregeln entsprechen den Mindestempfehlungen des Anhangs A. Abweichende Empfehlungen sind als solche gekennzeichnet und werden begründet. Anderslautende Empfehlungen in älteren Publikationen der GV-SOLAS sind hinfällig.

7.2 Richtwerte für wichtige Versuchstierspezies

Die Käfige als auch die im Falle angebrachten digitalen Zusatzausstattungen, sollten aus einem einfach zu reinigenden, desinfizierbaren oder autoklavierbaren Material bestehen und durch ihre Konstruktion eine hinreichende Kontrolle der Tiere ermöglichen, ohne diese zu stören.

7.2.1 Maus

Die für Tierversuche verwendete Maus stammt von der wilden Hausmaus (*Mus musculus*) und Unterarten ab [40, 41]. Die Gene der Labormäuse stammen zu 90 Prozent von der westlichen Hausmaus *Mus musculus domesticus* ab. Die restlichen 10% der Gene gehen überwiegend auf die japanische Spezies *M. m. molossinus* zurück. Mäuse sind Fluchttiere. Nachtaktivität sowie die Bevorzugung von Umgebungen mit schützenden Strukturen, wie Höhlen oder Unterschlupfe, sind als Anpassungen an die ausgeprägte Räuberexposition im Freiland zu verstehen [42]. Während der Domestikation der Mäuse sind alle Verhaltenselemente und die Grundmuster der sozialen Organisation der Wildformen erhalten geblieben. Territorialität beider Geschlechter bei deutlich stärkerer Unverträglichkeit zwischen den Männchen sind die Grundmuster der sozialen Organisation auch im Freiland. Bei begrenztem Raumangebot in der Versuchstierhaltung manifestieren sich diese Grundmuster in einer despotischen Hierarchie zwischen Männchen und Bildung stabiler Käfiggruppen zwischen Weibchen [43]. Beachtenswert sind die deutlichen Unterschiede in der Auslösbarkeit und Häufigkeit von nahezu allen Verhaltensmustern zwischen den verschiedenen üblicherweise in Tierversuchen genutzten Mausstämmen. Dies trifft auch auf die Verträglichkeit der Mäuse zu [44, 45].

Die in RL 2010/63 EU [1] legt die Mindestflächen für die Haltung von Mäusen wie folgt fest: Die Fläche von 330 cm² ist die Mindestbodenfläche für die Haltung eines Einzeltieres oder eines Zuchtpaares. Die seit Jahren etablierten Käfige für Mäuse mit etwas mehr als 500 cm² Käfigfläche sollten für die Gruppenhaltung von Mäusen der Standard sein. Dies erlaubt die Haltung von bis zu 5 adulten Mäusen (<30gr KGW) im Typ II lang und von bis zu 8 Mäusen (<30gr KGW) im Typ III-Käfig. Eine größere Grundfläche von 500 cm² ermöglicht umfangreichere Enrichment-Maßnahmen. Käfige für Mäuse sind auch mit einer Grundfläche $\geq$ 510 cm² erhältlich, so dass die unten aufgeführten Vorgaben für die Haltung eines monogamen Paares oder Trio; für jedes weitere Weibchen + Wurf (In- und Auszucht-Trios) (>510 cm²) möglich sind. Obwohl grundsätzlich eine Gruppenhaltung zu bevorzugen ist, stellt die Einzelhaltung für die häufig unverträglichen Mäuseböcke die tiergerechtere Alternative dar. Untersuchungen zeigen, dass einzeln gehaltene Mäuseböcke weniger gestresst sind als in unharmonischen Gruppen. Die Mindestkäfiggröße für die Einzelhaltung von Mäusen beträgt 330 cm². Mäusen sollten immer 2 Arten von Environmental Enrichment oder Nestbaumaterialien angeboten werden.

Werden Enrichment-Materialien, wie Häuschen, Nestbaumaterial, Nageholz oder Tunnelröhren in Käfige eingebracht, reduziert sich der verfügbare Platz erheblich. Für ein Laufrad – sei es zur Versuchsdurchführung oder zur Haltungsanreicherung – ist in diesem Fall kein Platz mehr vorhanden.

Da die Tierhaltungsraumgrößen und Materialschleusen in der Regel auf die Gestellgrößen abgestimmt sind, muss bei der Entwicklung neuer Käfiggrößen darauf geachtet werden, dass die Gestellgrößen möglichst nicht verändert werden.

Tabelle 1: In der EU empfohlene Mindestabmessungen und Platzangebote für die Käfighaltung von Mäusen im Vorrat, im Versuch und in der Zucht gemäß RL 2010/63 EU [1]

	Körper- gewicht (g)	Mindestbodenfläche (cm ²)	Mindest- käfighöhe (cm ²)	Platzbed arf pro Tier (cm ²)
Im Vorrat und im Versuch	≤ 20	330	12	60
	21-25	330	12	70
	26-30	330	12	80
	> 30	330	12	100
Zucht		330 für ein monogames Paar oder Trio; für jedes weitere Weibchen mit Wurf weitere 180 cm ² hinzufügen	12	
Haltung in Zuchtkäfigen ¹ Käfiggröße 950 cm ²	< 20	950	12	40
Käfiggröße 1500 cm ²	< 20	1500	12	30

Die Mindestkäfighöhe mit Haube beträgt 12 cm. Da ein tägliches Wiegen der Tiere nicht praktikabel ist, wird empfohlen, maximale Besatzdichten je Käfigtyp basierend auf den zu erwartenden Adultgewichten der eingesetzten Maus-Hintergrundstämme festzulegen. Ein Beispiel hierfür gibt die folgende Tabelle 2.

¹ Mäuse können nach dem Absetzen für einen kurzen Zeitraum bis zur Entnahme bei diesen höheren Belegdichten gehalten werden, vorausgesetzt dass die Tiere in größeren Boxen mit adäquater Strukturierung untergebracht sind. Die Unterbringungsbedingungen sollten keinerlei Defizite im Wohlbefinden verursachen, wie erhöhtes Aggressionsniveau, Morbidität oder Mortalität, Stereotypien oder andere Verhaltensdefizite, Gewichtsverlust oder sonstige physiologische oder verhaltensbedingte Stressreaktionen¹. Europäisches Parlament and Rat der Europäischen Union, *Richtlinie 2010/63/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. September 2010 zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere*. 2010..

Tabelle 2 : In der EU empfohlene Mindestabmessungen und Platzangebote für die Käfighaltung von Mäusen im Vorrat, im Versuch und in der Zucht gemäß RL 2010/63 EU [1]

Käfigtyp	Käfiggrundfläche ² Zirka-Angaben in cm ²	max. Anzahl an Mäusen (≥30g KGW) ³
Typ 500	500	5
II lang	540	5
III	820	8
IV	1820	18

7.2.2 Ratte

Die für Tierversuche genutzten Ratten stammen von der Wanderratte (*Rattus norvegicus*) als Wildform ab. Ratten können sehr gut klettern, schwimmen, graben und verfügen über hochentwickelte olfaktorische, akustische und taktile Sinne. Diese motorischen und sensorischen Fähigkeiten charakterisieren Wild- und Laborratten gleichermaßen.

Wanderratten leben territorial in sozialen Gemeinschaften mit promiskuitivem Paarungssystem, gemeinsamer Jungenaufzucht und deutlicher Unverträglichkeit gegenüber Mitgliedern anderer Gemeinschaften. Laborratten werden seit ca. 120 Jahren für wissenschaftliche Zwecke gezüchtet und gehalten. Heute sind zahlreiche konventionelle Inzucht- bzw. Auszuchtstämme und eine Vielzahl gentechnisch veränderter Linien verfügbar.

Eine tiergerechte Haltung von Laborratten erfordert die Möglichkeit zur Gruppenhaltung. Das artgemäße soziale Verhalten muss sich während der Aufzuchtphase in sozialen Gruppen entwickeln, und auch die spätere Haltung muss in sozialen Gruppen erfolgen, um „Isolationsstress“ zu vermeiden. Die optimale Gruppengröße liegt bei 3 bis 5 Ratten. Käfige mit einer Grundfläche von ca. 1800 cm² (entspricht Typ IV-Käfig) sollten der Standardkäfig für die Haltung von Rattengruppen sein. Die Käfighöhe sollte 18 cm nicht unterschreiten, um ein Aufrichten der Tiere zu ermöglichen. Für ausgewachsene Ratten kann ein erhöhter Deckel mit einer Käfighöhe von mindestens 24 cm verwendet werden. Die Haltung in Ratten-IVC-Käfigen (mit einer Käfiggrundfläche von bis 2000 cm²) ist ebenfalls möglich. Typ III-Käfige sollten zur Haltung von Ratten möglichst nur noch verwendet werden, wenn dies aus wissenschaftlicher Sicht notwendig ist, z. B. bei versuchsbedingter Einzeltierhaltung. Der Einsatz von Röhren und Rattenbalkonen hat sich als Environmental Enrichment bewährt. Ratten können auch in größeren Haltungssystemen gehalten werden, z. B. in dafür angepassten Kaninchenkäfigen, in Bodenhaltung oder in Käfigen mit mehreren Ebenen).

Darüber hinaus sind für die Rattenhaltung generell den Einsatz größerer Käfige zu empfehlen, die eine differenzierte Raumnutzung ermöglichen [1, 39].

² Die Berechnung der Käfiggrundfläche variiert ggf. zwischen den verschiedenen Herstellern, da der Übergang von der schrägen Käfigwand zum ebenen Käfigboden zu verschiedenen Möglichkeiten der Grundflächendefinition führt.

³ Die Besatzdichte richtet sich nach dem Körpergewicht der Mäuse. Bei jungen Tieren sollte dabei stets das Endgewicht der Tiere berücksichtigt werden.

Tabelle 3 : In der EU empfohlene Mindestabmessungen und Platzangebote für die Käfighaltung von Ratten im Vorrat, im Versuch und in der Zucht gemäß RL 2010/63 EU [1]

	Körpergewicht (g)	Mindestbodenfläche (cm ²)	Mindest- käfighöhe (cm)	Bodenfläche pro Tier (cm ²)
Im Vorrat und im Versuch *	≤ 200	800	18	200
	201-300	800	18	250
	301-400	800	18	350
	401-600	800	18	450
	> 600	1500	18	600
Zucht		800 Muttertier mit Wurf. Für jedes weitere, ständig im Käfig anwesende erwachsene Tier weite- re 400 cm ² hinzufügen.	18	
Haltung im Zuchtkäfig** Käfiggröße 1500 cm ²	≤ 50	1500	18	100
	51-100	1500	18	125
	101-150	1500	18	150
	151-200	1500	18	175
Haltung im Zuchtkäfig** Käfiggröße 2500 cm ²	≤ 100	2500	18	100
	101-150	2500	18	125
	151-200	2500	18	150

* Bei lebenslang dauernden Studien sollten den Tieren Käfige geeigneter Größe zur Verfügung gestellt werden. Da das Körpergewicht und damit die Belegdichten zum Ende solcher Studien schwer vorhersagbar sind, können infolgedessen Fälle auftreten, in denen die Flächenzuteilungen pro Einzeltier möglicherweise unter den vorstehend angegebenen Werten liegen. Unter diesen Bedingungen sollte die Erhaltung stabiler sozialer Strukturen Priorität vor dem Platzbedarf haben.

** Ratten nach dem Absetzen können für einen kurzen Zeitraum bis zur Entnahme bei diesen höheren Belegdichten gehalten werden, vorausgesetzt dass die Tiere in größeren Boxen mit adäquater Strukturierung untergebracht sind. Die Unterbringungsbedingungen sollten keinerlei Defizite im Wohlbefinden verursachen, wie erhöhtes Aggressionsniveau, Morbidität oder Mortalität, Stereotypien oder andere Verhaltensdefizite, Gewichtsverlust oder sonstige physiologische oder verhaltensbedingte Stressreaktionen.

7.2.3 Mongolische Rennmaus

Rennmäuse oder Gerbils (*Meriones unguiculatus*) leben in freier Natur in Familienverbänden von 2 bis 5 erwachsenen Tieren. Die Haltung in Kleingruppen setzt demnach entsprechend große Käfige voraus. Die Gruppen sollten vor dem Erreichen der Geschlechtsreife gebildet und stabil gehalten werden. Bei Unverträglichkeiten müssen die Tiere getrennt werden. Eine paarweise Haltung oder die eines Männchens mit 2 Weibchen (Trio) ist in der Versuchstierhaltung die bevorzugte Gruppengröße. Pro Zuchtpaar werden als Minimalfläche 1800 cm² empfohlen. Laut Anhang III RL 2010/63 EU [1] ist zwar eine Fläche von 1200 cm²

zulässig, diese wird jedoch dem Bewegungsbedürfnis dieser sehr aktiven Tiere nicht vollständig gerecht. In der Terraristik werden Bodenflächen von 3200 cm² pro Paar empfohlen [46]. Nur entsprechend große Käfige ermöglichen den Tieren eine Strukturierung der Fläche in Schlaf-, Fress- und Toilettenbereiche. Die Käfighöhe muss mindestens 18 cm betragen, um ein Aufrichten der Tiere zu ermöglichen.

Um das Aktivitätsbedürfnis der Tiere zu befriedigen, müssen verschiedene Strukturen zum Nagen, Graben und Bauen angeboten werden, wie Nagehölzer, tiefe Einstreu, Röhren, Nistmaterial etc. Rennmäuse entwickeln bei mangelnder Möglichkeit zum Graben und zum Nestbauverhalten Stereotypen [47]. Daher sollte die Einstreuhöhe deutlich erhöht werden, um den Tieren die Möglichkeit zu geben, ausgiebig zu graben. Nur so können die Tiere Röhren sinnvoll in einem Gangsystem einfügen. Gerbils nehmen zur Reinigung ihres Fells gerne Sandbäder. Hierbei wird überschüssiges Fett an die Sandpartikel abgegeben und anschließend aus dem Fell geschüttelt.

Tabelle 4 : In der EU empfohlene Mindestabmessungen und Platzangebote für die Käfighaltung von Gerbils im Vorrat, im Versuch und in der Zucht gemäß RL 2010/63 EU [1]

	Körper- gewicht (g)	Mindestbodenfläche (cm ²)	Mindest- käfighöhe (cm)	Bodenfläche pro Tier (cm ²)
Im Vorrat und im Versuch	≤ 40 > 40	1200 1200	18 18	150 250
Zucht		1200 Monogames Paar oder Trio mit Nachkommen	18	

7.2.4 Hamster

Hamster sind wenig sozial verträglich, viele Arten leben als Einzelgänger. Das Aktivitätsniveau ist nicht so hoch wie bei der Rennmaus. Die Käfigflächen können daher etwas kleiner gehalten werden, sollten jedoch mindestens 800 cm² (Typ III) für ein Zuchtpaar oder ein Weibchen mit Wurf betragen (Anh. III RL 2010/63 EU [1]). Empfehlenswerter sind jedoch mind. 1800 cm² (Typ IV). Erst in diesem Käfigtyp ist auch eine Gruppenhaltung möglich, da genug Platz vorhanden ist, um die Käfige mit aggressionsdämpfenden Enrichmentmaterialien (z. B. mit zusätzlichen Ausweich- und Versteckmöglichkeiten) auszustatten. Die Käfige müssen mind. 14 cm hoch sein. Jungtiere mancher Goldhamsterlinien (*Mesocricetus auratus*) sowie einige Zwerghamsterarten (*Phodopus sungorus* und *P. campbelli*) können i.d.R. in Gruppen gehalten werden. Chinesische Zwerghamster (*Cricetulus griseus*) gelten hingegen als weniger sozial verträglich.

Hamster bevorzugen einen vollständig abgedunkelten Schlafplatz. Ein Versteck und umfangreiches Nistmaterial müssen angeboten werden. Die Möglichkeit zum Graben sollte über eine hohe Einstreuschicht und Röhren gegeben sein. Sandbäder werden besonders von Zwerghamsterarten ausgiebig genutzt. Soweit es das Fütterungs- und Hygieneregime zulässt, sollte außerdem benagbares Material angeboten werden.

Tabelle 5 : In der EU empfohlene Mindestabmessungen und Platzangebote für die Käfighaltung von Hamstern im Vorrat, im Versuch und in der Zucht gemäß RL 2010/63 EU [1]

	Körpergewicht (g)	Mindestbodenfläche (cm ²)	Mindestkäfighöhe (cm)	Bodenfläche pro Tier (cm ²)
Im Vorrat und im Versuch	≤ 60	800	14	150
	61-100	800	14	200
	> 100	800	14	250
Zucht		800 Mutter oder monogames Paar mit Wurf	14	
Haltung im Zuchtkäfig*	< 60	1500	14	100

* Nach dem Absetzen, können Hamster für einen kurzen Zeitraum bis zur Entnahme bei höheren Belegdichten gehalten werden, vorausgesetzt dass die Tiere in größeren Boxen mit adäquater Strukturierung untergebracht sind. Die Unterbringungsbedingungen sollten keinerlei Defizite im Wohlbefinden verursachen, wie erhöhtes Aggressionsniveau, Morbidität oder Mortalität, Stereotypien oder andere Verhaltensdefizite, Gewichtsverlust oder sonstige physiologische oder verhaltensbedingte Stressreaktionen.

7.2.5 Meerschweinchen

Hausmeerschweinchen (*Cavia aperea f. porcellus*) haben ein hohes Sicherheitsbedürfnis, dem mit einer ausreichenden Anzahl von Versteckmöglichkeiten Rechnung getragen werden muss. Auch die Zugabe von größeren Mengen Heu eignet sich kurzfristig als Versteck, bis dieses weggefressen ist. Weite, offene Bodenflächen werden kaum genutzt. Meerschweinchen sitzen gern in und auf ihren Unterschlupfen. Diese sollten deshalb nicht zu hoch sein und ein flaches Dach haben. Massive Fußböden mit Einstreu oder perforierte Böden sind Gitterfußböden vorzuziehen.

Die minimale Käfigfläche für ausgewachsene Tiere oder Zuchtpaare beträgt 2500 cm² (Anh. III RL 2010/63 EU [1]). Zur Zucht empfehlen sich Kleingruppen aus einem Männchen und 2 bis 5 Weibchen. Eine Bodenhaltung in größeren Gruppen (3 bis 10 Männchen und 15 bis 20 Weibchen) wäre jedoch vorzuziehen. Für Jungtiere ist das Aufwachsen in einer Kolonie entscheidend für die Entwicklung eines normalen Sozialverhaltens und einer erfolgreichen Stressverarbeitung [48, 49].

Jeder Käfig bzw. jede Box sollte mind. 2 Futter- und Tränkeplätze besitzen, um allen Tieren jederzeit Zugang zu gewährleisten. Da Meerschweinchen gern mit Trinkflaschen spielen und diese dabei entleeren, oder durch eingespucktes Futter kontaminieren, ist auf einen ausreichenden Wasservorrat und auf das Trockenhalten des Tränkebereichs zu achten. Bei der Fütterung ist zudem auf eine ausreichende Zufuhr von Vitamin C zu achten [50]. Dieses kann durch Standarddiäten oder über das Trinkwasser angeboten werden.

Tabelle 6 : In der EU empfohlene Mindestabmessungen und Platzangebote für die Käfighaltung von Meerschweinchen im Vorrat, im Versuch und in der Zucht gemäß RL 2010/63 EU [1]

	Körpergewicht (g)	Mindestbodenfläche (cm ²)	Mindest- käfighöhe cm)	Bodenfläche pro Tier (cm ²)
Im Vorrat und im Versuch	≤ 200	1800	23	200
	201-300	1800	23	350
	301-450	1800	23	500
	451-700	2500	23	700
	> 700	2500	23	900
Zucht		2500 Paar mit Wurf. Für jedes weitere Muttertier 1000 cm ² hinzufügen.	23	

7.2.6 Kaninchen

Das Hauskaninchen ist die domestizierte Form des europäischen Wildkaninchens (*Oryctolagus cuniculus* f. *domestica*) und gehört zur Ordnung der Hasenartigen (*Lagomorpha*). Wildkaninchen leben territorial in kleinen gemischtgeschlechtlichen Gruppen. Diese Grundformen der sozialen Organisation sind auch bei der domestizierten Form vorzufinden. Kaninchenkäfige müssen auch den domestizierten Tieren erlauben, typische und wichtige Verhaltensweisen der Wildform ausüben zu können. Bei Kaninchen sind dies z. B. der sog. „Hoppelsprung“, Männchen machen und entspanntes Liegen. Die Kaninchenkäfige müssen einer der Körpergröße angemessene Länge und Höhe aufweisen, damit die Tiere springen, liegen und sich im Käfig aufrichten zu können. Als Enrichment eignen sich z. B. eine erhöhte Liegefläche mit Versteckplatz, Nagehölzer aus Weichholz, Heu und Stroh.

Die minimale Käfigfläche für Kaninchen beträgt 3500 cm² für ein Einzeltier oder 2 verträgliche Tiere unter 3 kg Körpergewicht (Anh. III RL 2010/63 EU [1]). Auf dieser Fläche kann auch ein Muttertier dieser Gewichtsklasse mit Wurf gehalten werden. Die Käfigfläche sollte sich auch bei jungen Tieren am endgültigen Körpergewicht orientieren, um den Tieren frühzeitig entsprechende Bewegungs- und Spielflächen zu bieten.

Wo immer möglich, sollen Kaninchen in stabilen Gruppen oder als stabiles Paar (i.d.R. zwei Weibchen) gehalten werden. Idealerweise können Einzelkäfige zu zusammenhängenden Einheiten gekoppelt werden. Die Bodenhaltung hat sich für Gruppen bewährt und wird immer häufiger angewendet. Auf ausreichende Versteckmöglichkeiten ist für beide Geschlechter zu achten. Die Fläche muss groß genug sein, um den Tieren Flucht und Ausweichmöglichkeiten zu bieten und die Fläche funktionell zu unterteilen (Futter-, Ruhe-, Harn- und Kotabsetzplätze etc.). Boxen und Verstecke dürfen keine Sackgasse bilden, rangniedere Tiere müssen immer ausweichen können. Sie müssen daher immer zwei Öffnungen enthalten. Auch in Bodenhaltung sind erhöhte Beobachtungs- und Liegeflächen anzubieten.

An den Bodengrund stellen Kaninchen aufgrund ihrer behaarten Fußsohlen meist geringe Anforderungen. Metallböden sind jedoch zu vermeiden, weil sie kalt sind und Sohlengeschwüre auslösen können. Kunststoff-Lochböden und solide Böden haben sich bewährt. Raue Böden

sind zu vermeiden. Die Pfoten sollen regelmäßig auf Läsionen kontrolliert werden. Es hat sich jedoch bewährt, in Bodenhaltung einzustreuen.

Für die Zucht benötigen die Muttertiere eine separate Nestbox von mind. 1000 cm². Diese, erlaubt die natürliche Separation von Mutter und Jungen über längere Zeit. Die Wurfbox wird vom Muttertier mit Nistmaterialien (z. B. Heu und Haaren) ausgekleidet. Wenn die Jungtiere die Wurfbox verlassen, sollte dem Muttertier eine erhöhte Fläche zum Ausweichen zur Verfügung stehen. Nach dem Absetzen ist es besser, das Muttertier zu entfernen und die Jungtiere bis vor Eintritt der Geschlechtsreife zusammen im Wurfkäfig zu belassen.

Tabelle 7 : In der EU empfohlene Mindestabmessungen und Platzangebote für die Käfighaltung von > 10 Wochen alten Kaninchen mit maximaler Besatzdichte gemäß RL 2010/63 EU [1]

Endgültiges Körpergewicht in kg, das jedes Kaninchen in dieser Unterkunft erreichen wird	Mindestbodenfläche für ein oder zwei sozial harmonisierende Tiere (cm ²)	Mindesthöhe (cm)
< 3	3500	45
3-5	4200	45
> 5	5400	60

Die Tabelle ist sowohl für Käfige als auch für Boxen anzuwenden. In Käfigen sollte eine erhöhte Ebene bereitgestellt werden (s. Tabelle 10). Gehege sollten Strukturen enthalten, die den Raum teilen, sodass die Tiere soziale Kontakte aufnehmen oder auch vermeiden können. Die zusätzliche Bodenfläche beträgt jeweils 3000 cm² pro Kaninchen für das dritte, vierte, fünfte und sechste Kaninchen, während jeweils 2500 cm² für jedes weitere Kaninchen über die Anzahl von sechs hinaus bereitgestellt werden sollten.

Tabelle 8 : In der EU empfohlene Mindestabmessungen und Platzangebote für die Käfighaltung von Kaninchenweibchen plus Wurf mit maximaler Besatzdichte gemäß RL 2010/63 EU [1]

Gewicht des Weibchens Kg	Mindestplatzbedarf (cm ²)	Zusätzliche Fläche für Nestboxen (cm ²)	Mindesthöhe (cm)
<3	3500	1000	45
3-5	4200	1200	45
>5	5400	1400	60

Spätestens 3 bis 4 Tage vor dem Werfen sollten die Weibchen ein gesondertes Abteil oder eine Nestbox erhalten, in dem sie ein Nest bauen können. Die Nestbox sollte sich vorzugsweise außerhalb des Käfigs befinden. Stroh oder anderes Nestmaterial sollte bereitgestellt werden. Der Käfig sollte so gestaltet sein, dass sich das Weibchen in ein anderes Abteil bzw. auf einer erhöhten Ebene vor ihren Jungen zurückziehen kann, wenn diese das Nest verlassen. Nach dem Absetzen sollten die Jungen aus einem Wurf so lange wie möglich in ihrem Zuchtkäfig bleiben.

Tabelle 9 : In der EU empfohlene Mindestabmessungen und Platzangebote für die Haltung von < 10 Wochen alten Kaninchen gemäß RL 2010/63 EU [1]

Alter	Mindest- bodenfläche (cm ²)	Zusatzfläche für jedes wei- tere Tier (cm ²)	Mindesthöhe (cm)
Absetzer bis 7 Wochen alt	4000	800	40
8-10 Wochen	4000	1200	40

Die Tabelle ist sowohl für Käfige als auch für Gehege anzuwenden. Gehege sollten Strukturen enthalten, die den Raum teilen, sodass die Tiere soziale Kontakte aufnehmen oder auch vermeiden können. Nach dem Absetzen sollten die Jungen eines Wurfs so lange wie möglich in ihrem Zuchtkäfig zusammenbleiben.

Tabelle 10 : In der EU empfohlene Abmessungen einer erhöhten Ebene in Kaninchenkäfigen gemäß RL 2010/63 EU [1]

Alter Wochen	Endgültiges Körpergewicht (kg)	Mindestmaße (cm x cm)	Mindesthöhe über dem Käfigboden (cm)
> 10	<3	55 x 25	25
	3-5	55 x 30	25
	>5	60 x 35	30

Um die erhöhte Ebene und den Käfig insgesamt richtig zu nutzen, stellen die Mindestmaße für die Abmessungen der erhöhten Ebene eine Notwendigkeit mit sehr geringen Mindest- und Maximaltoleranzen (+/- 5-10 %) dar. Wenn wissenschaftliche oder veterinärmedizinische Begründungen dafür vorliegen, dass keine solche erhöhte Ebene zu verwenden ist, sollte die Bodenfläche für ein Einzeltier um 33 % und für 2 Kaninchen um 60 % größer sein, um die Bewegungsaktivitäten der Kaninchen zu fördern und ihnen die Möglichkeit zu geben, einem dominanteren Tier auszuweichen.

7.2.7 Katze

Hauskatzen (*Felis catus*) sollen möglichst in Gruppen von max. 10 Tieren gehalten werden. Es kann jedoch Gründe geben, einzelne Tiere aus einer Gruppe zu nehmen und separat unterzubringen. Dies gilt für hochtragende Katzen, einschließlich der ersten Wochen der Aufzuchtzeit. Dies gilt auch für in der Gruppe unverträgliche Tiere, die jedoch möglichst zusammen mit einem verträglichen Partner separiert werden sollten.

Grundsätzlich werden für die Unterbringung von Katzen begehbare Boxen mit einer Grundfläche von 3 m² empfohlen, die mind. 2 m hoch und oben geschlossen sein sollten. Es sollte möglich sein, die Flächen mehrerer Boxen durch Herausnahme von Teilen der Zwischenwände zusammenzulegen.

Gemäß RL 2010/63 EU [1] ist eine Grundfläche von mind. 1,5 m² für ein Tier mit einer Zusatzfläche von 0,75 m² für jedes weitere Tier erforderlich. Zusätzlich sind an den Wänden Bordflächen von mind. 0,5 m² pro Katze bzw. 0,2 m² pro weiteres Tier vorzusehen.

Die dreidimensionale Strukturierung des Lebensraums ist bei Katzen besonders wichtig: Katzen brauchen Aussichtspunkte und dreiseitig geschützte Ruheplätze. Die Zahl dieser Plätze muss immer die Zahl der Gruppenmitglieder übersteigen. Bei mehr als 3 Gruppenmitgliedern sind auch mehrere Futterplätze in einem Abstand von mindestens 50 cm anzulegen. Ähnliches gilt auch für die Wasserstellen und die Katzentoiletten. Die Möglichkeit, sich ausweichen zu können und nicht um die wichtigen Plätze in der Box konkurrieren zu müssen, ist die Grundlage für eine soziale Harmonie. Die Seitenwände sollten den Katzen das Klettern ermöglichen.

Gut gesicherte Außenausläufe mit Pendelklappen als Verbindung zu den Innenboxen sind für die Katzen eine Bereicherung. Auch dort ist der Lebensraum der Katzen dreidimensional zu strukturieren. Außenausläufe erleichtern den Katzen das Ausweichen bei Arbeiten in der Box.

Tabelle 11 : In der EU empfohlene Mindestabmessungen und Platzangebote für die Haltung von Katzen gemäß 2010/63 EU [1]

	Boden (m ²)	Etagen	Höhe (cm)
Mindestabmessungen für ein ausgewachsenes Tier	1,5	0,5	2
Für jedes weitere Tier	0,75	0,25	---

7.2.8 Frettchen

Frettchen (*Mustela putorius furo*) und ihre Wildform, die Iltisse, gelten gemeinhin als Einzelgänger. Wegen ihres ausgeprägten Spiel- und Beschäftigungstriebes sollten sie jedoch, wenn immer möglich, in Gruppen gehalten werden.

Frettchen können sowohl in Käfigen, in Boxen und in Bodenhaltung untergebracht werden. In allen Haltungsformen ist auf Ausbruchssicherheit zu achten, da die Tiere sehr geschickt sind und beispielsweise Verschlüsse öffnen und entweichen können. Im Tierhaltungsraum vorhandene Bodenabläufe sind besonders zu sichern, um ein Entkommen in die Kanalisation zu verhindern. Sicherheitsmaßnahmen sind auch für Drahtwände oder Drahttüren unerlässlich, da Frettchen sehr geschickt springen und klettern.

Käfige und Boxen werden mit Holzgranulat eingestreut und mit Kunststoffröhren ausgestattet, die die Tiere ausgiebig nutzen. Sehr bewährt hat es sich, zwei Kunststoffkäfige durch eine Röhre zu verbinden; das nutzen die Tiere zur Trennung von Kot- und Futterplatz. In Boxen werden Kotkästen nur teilweise angenommen. Stehende oder schaukelnd aufgehängte Schlafkästen werden hingegen immer genutzt. Besonders gern ziehen sich ganze Gruppen innerhalb der Schlafkästen in große, feste Tüten (z.B. Futtersäcke) zurück, die sie nach den Mahlzeiten und zum Schlafen aufsuchen.

Sind Boxen bzw. Gehege entsprechend ausgestattet, werden in der Regel auch niedrige Raumtemperaturen toleriert, wenn diese nicht plötzlich, sondern im Ablauf der Jahreszeiten entstehen. Raumtemperaturen oberhalb von 24°C werden hingegen schlecht vertragen. Neugeborene benötigen 20 bis 22°C zur Aufrechterhaltung ihrer Körpertemperatur. Die eiweißreiche Fütterung verlangt eine tägliche Reinigung und Desinfektion der Futternäpfe

aufgrund bestehender Botulismusgefahr [51]. Um Futterverderbnis zu verhindern, wird zu Nacht Trockenfutter verabreicht oder die Näpfe werden entfernt.

Tabelle 12 : In der EU empfohlene Mindestabmessungen und Platzangebote für die Haltung von Frettchen mit maximaler Besatzdichte gemäß RL 2010/63 EU [1]

Gewicht (g)	Mindestbodenfläche (cm ²)	Max. Anzahl von Tieren auf der Mindestbodenfläche	Zusatzfläche für jedes weitere Tier (cm ²)
< 600g	4500	1500	50
> 600g	4500	3000	50
Ausgewachsene Männchen	6000	6000	50
Muttertier und Wurf	5400	5400	50

7.2.9 Hund

Für die Haltung von Hunden (*Canis lupus f. familiaris*) gibt es neben den Bestimmungen der RL 2010/63 EU [1] in Deutschland die Tierschutz-Hundeverordnung [38], wobei die Raumanforderungen der Tierschutz-Hundeverordnung die der RL 2010/63 EU überschreiten. Die Richtwerte der Tierschutz-Hundeverordnung sind in Deutschland jedoch bindend, da diese zum Zeitpunkt der Richtlinie bereits geltendes Recht war.

Eine Haltung der Hunde in Gruppe und ausreichend Auslauf sind erforderlich. Letzteres ist sonst bei keiner anderen Versuchstierart rechtverbindlich vorgeschrieben. Einzeln gehaltenen Hunden sind täglich mehrmals die Möglichkeit zum länger dauernden Umgang mit Betreuungspersonen zu gewähren, um das Gemeinschaftsbedürfnis des Hundes zu befriedigen. Bei Hunden, die in Räumen gehalten werden, muss der freie Blick aus dem Gebäude oder der Raumeinheit heraus gewährleistet werden. Im Gegensatz zu den meisten Versuchstieren, müssen Hunderäume daher mit Fenstern ausgestattet sein. Die Fensterfläche muss mind. 1/8 der Fußbodenfläche betragen.

Zwinger oder Boxen müssen eine Mindestgröße haben bei Hunden mit einer Widerristhöhe von:

Tabelle 13 : In Deutschland geforderte Mindestbodenflächen von Zwingern für die Haltung von Hunden (TierSchHuV) [38]

Widerristhöhe (cm)	Mindestbodenfläche (cm ²)
bis 50	6
50-65	8
über 65	10

Für jeden weiteren Hund ist zusätzlich die Hälfte der dargestellten Bodenfläche zur Verfügung zu stellen. Auch bei Hunden bewährt es sich, wenn durch Herausnahme von Boxenwänden die Bodenfläche der Gruppengröße angepasst werden kann.

Hundeboxen sollten einen leicht zu reinigenden Bodenbelag haben. Im Gegensatz zu vielen anderen Tierarten ist eine tägliche Reinigung erforderlich, da Hunde mit ihrem intensiven

Bewegungsdrang sonst die Ausscheidungen in der ganzen Box verteilen. Hunde brauchen wärmeisolierte, leicht zu reinigende und schwer zu zerstörende, individuelle Liegeflächen oder aber mobile Einrichtungen wie Hundekörbe oder Matten zum Abliegen. Die erforderlichen Ausläufe können auch von den Hundeboxen entfernt sein. Der Weg von und zu den Ausläufen ist ein wichtiger Teil im Beschäftigungsprogramm für die Tiere. Im Bereich der Hundehaltung sollen Maßnahmen zur Schalldämmung getroffen werden.

Tabelle 14 : In der EU empfohlene Mindestabmessungen und Platzangebote für die Haltung von Hunden gemäß RL 2010/63 EU [1]

Gewicht (kg)	Mindestbodenfläche der Unterbringung (m ²)	Mindestbodenfläche je Tier (m ²)	Mindesthöhe (m)
< 5	4	0,5	2
5 – 10	4	1	2
> 10 - 15	4	1,5	2
> 20 - 25	4	2	2
> 20	8	4	2

7.2.10 Schwein

Schweine (*Sus scrofa f. domestica*) sollten auch in Versuchstierhaltungen in der Regel in der Gruppe gehalten werden, mit Ausnahme von Sauen mit Ferkeln und geschlechtsreifen Ebern. Sie werden in Boxen gehalten, deren Abgrenzung in der Regel mind. 1,20 m hoch sein muss. Die Boxen sollten unterteilbar sein, um Tiere aus experimentellen Gründen einzeln stellen zu können, ohne dass sie den Kontakt zur Gruppe verlieren. Die Boxenunterteilungen müssen im Liegebereich geschlossene Flächen haben, während sie in dem Bereich, in dem die Tiere Kot und Urin absetzen sollen, Gitterstruktur haben dürfen. Schweine neigen dazu, ihre Reviere, auch von Box zu Box, durch gezielte Defäkation im Grenzbereich zu markieren. Besondere Beachtung ist dem Fußboden zu widmen.

Für alle Klauentiere muss der Fußboden so rau sein, dass die Tiere auch bei Feuchtigkeit nicht rutschen. Andererseits sollte er leicht zu reinigen sein. Schweine müssen jederzeit Zugang zu organischen und faserreichen, gesundheitlich unbedenklich, bewegbar und untersuch- und veränderbaren Materialien haben, die dem Erkundungsverhalten dienen.

Als Enrichment sind z.B. Stroh, Heu und Einstreumaterialien geeignet. Für die Haltung von Schweinen ist es ein deutlicher Vorteil, wenn die Liegeflächen durch eine Heizung erwärmt werden können. Zumindest muss die Liegefläche gut wärmedämmend sein. So trocknet sie nach der Reinigung rasch wieder ab und wird von den Tieren als angenehmer Liegebereich erkannt und sauber gehalten. Einstreu im Liegebereich dient der Beschäftigung und dem Komfort der Tiere. Neben der RL 2010/63 EU [1] gilt die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung [7]. So müssen in Schweineräumen Fensterflächen in der Gesamtgröße mind. 3 % der Stallgrundfläche eingeplant werden.

Tabelle 15 : In der EU empfohlene Mindestabmessungen und Platzangebote für die Haltung von Haus- und Minischweinen gemäß RL 2010/63 EU [1]

Körpergewicht (kg)	Mindestgröße der Unterbringung (m ²)	Mindestbodenfläche pro Tier (m ²)	Mindest-Liegefläche pro Tier (m ²)
bis 5	2,0	0,20	0,10
über 5 bis 10	2,0	0,25	0,11
über 10 bis 20	2,0	0,35	0,18
über 20 bis 30	2,0	0,50	0,24
über 30 bis 50	2,0	0,70	0,33
über 50 bis 70	3,0	0,80	0,41
über 70 bis 100	3,0	1,00	0,53
über 100 bis 150	4,0	1,35	0,70
über 150	5,0	2,50	0,95
ausgewachsene (konventionelle) Schweine	7,5		1,3

Die Fütterung erfolgt in der Regel mehrmals täglich rationiert. Damit alle Tiere bis zu einem Gewicht von 70 kg gleichzeitig an das Futter kommen können, ist eine Troglänge von 24 cm pro Tier einzuplanen, bei größerem Körpergewicht auch mehr. Die Tränkung der Tiere erfolgt üblicherweise aus Nippeltränken. Bei einem unterteilbaren Boxensystem ist jede Untereinheit mit Trog und Trinknippel zu versehen. Die Trinknippel sind immer in der Nähe der tiefsten Stelle der Box anzubringen, damit das Tropfwasser direkt ablaufen kann. In Raumeinheiten, in denen Schweine gehalten werden, ist besonders darauf zu achten, dass schalldämmende Maßnahmen getroffen werden und dass alle Teile der Buchten rüttelfest sind.

7.2.11 Kleine Wiederkäuer

Während Schafe (*Ovis gmelini aries*) sehr gut in Gruppen gehalten werden können, treten bei Ziegen (*Capra aegagrus hircus*) häufig Auseinandersetzungen unter Einsatz der Hörner auf, die entweder durch sehr große Boxen mit starker Strukturierung oder durch Unterteilung der Boxen mit Gitterwänden zu verhindern sind. Auch beim Absperren einzelner Tiere sollte die Blickverbindung erhalten bleiben. Die Boxen für kleine Wiederkäuer bedürfen keiner vorgegebenen Strukturierung in Liege- und Kotflächen.

Sie sollten rutschfeste, eingestreute Böden haben. Schafe und Ziegen benötigen zur Wasseraufnahme automatische Tränken mit Trinkschalen. Heu und Stroh werden zumeist ad libitum in Raufen angeboten, deren Oberkante in ca. 1,10 m und deren Unterkante in Höhe von 60 cm liegen sollten.

Wo immer die Möglichkeit besteht, Schafen und Ziegen Außenausläufe mit oder ohne Weidemöglichkeit zur Verfügung zu stellen, sollte dies geschehen. Die Einzäunung mit speziellen Schafzäunen samt Unterstützung durch einen Elektrodraht ist vorzusehen.

Tabelle 16 : In der EU empfohlene Mindestabmessungen und Platzangebote für die Haltung von Schafen und Ziegen gemäß RL 2010/63 EU [1]

Körpergewicht (kg)	Mindestfläche der Unterbringung (m ²)	Mindestbodenfläche pro Tier (m ²)	Mindesthöhe von Trennwänden * (m)	Troglänge für ad libitum Fütterung (m/Tier)	Troglänge für begrenzte Fütterung (m/Tier)
unter 20	1,0	0,7	1,0	0,10	0,25
> 20 bis 35	1,5	1,0	1,2	0,10	0,30
> 35 bis 60	2,0	1,5	1,2	0,12	0,40
> 60	3,0	1,8	1,5	0,12	0,50

* Bei ausgewachsenen Ziegen sollten die Trennwände höher sein, um die Tiere am Entkommen zu hindern.

7.2.12 Geflügel

Geflügel, worunter hier Hühner, Enten, Gänse, Puten und Tauben zusammengefasst werden, lassen sich gut in Boxen mit einer Grundfläche von 3 m² und einer Höhe von 2 m halten. Hühner benötigen Sitzstangen, die am besten in einer Höhe von 1,20 m bis 1,50 m anzubringen sind; in diesem Fall muss eine Hühnerleiter zu den Stangen führen. Hühner benötigen Nestkästen, wozu sich z.B. mit Stroh eingestreute sog. Katzentoiletten hervorragend eignen. Hühnerboxen sollten zumindest so weit eingestreut werden, dass die Tiere scharren können. Ein Typ IV-Käfig mit einer Mischung aus Sand ermöglicht das Sandbaden, bedarf aber der regelmäßigen Reinigung.

Enten und Gänse sollten in Kleingruppen mit nur einem männlichen Tier gehalten werden. Eine eingestreute Liegefläche ist sinnvoll. Wenn die Tiere keinen Auslauf mit einem Badeplatz haben, ist je nach Anzahl der Vögel eine oder mehrere flache Wannen, (30 cm Wassertiefe, 1 m Länge, 60 cm Breite) zur Gefiederpflege vorzusehen.

Boxen, in denen Tauben gehalten werden, bedürfen mehrerer, möglichst weit voneinander entfernter Anflugstangen und einer Eingangsschleuse. Sollen die Tauben brüten, sind geschützte Borde mit sehr rauer Oberfläche so hoch wie möglich anzubringen. Nestbaumaterialien sind anzubieten.

Die RL 2010/63 EU [1] enthält Angaben zur Haltung verschiedener Geflügelarten. An dieser Stelle werden nur die Mindestabmessungen für die Haltung von Haushühnern aufgeführt.

Tabelle 17 : In der EU empfohlene Mindestabmessungen und Platzangebote für die Haltung von Haushühnern gemäß RL 2010/63 EU [1]

Körper-gewicht (g)	Mindest-fläche der Unterbring-ung (m ²)	Mindestboden-fläche pro Tier (m ²)	Mindesthöhe (cm)	Mindestlänge des Futtertrogs je Tier (cm)
<200	1,0	0,025	30	3
> 200 bis 300	1,0	0,03	30	3
> 300 bis 600	1,0	0,05	40	7
> 600 bis 1200	2,0	0,09	50	15
> 1200 bis 1800	2,0	0,11	75	15
> 1800 bis 2400	2,0	0,13	75	15
> 2400	2,0	0,21	75	15

7.2.13 Krallenfrosch

Krallenfrösche (*Xenopus laevis*) leben auch nach der Metamorphose ausschließlich im Wasser. Als Labortiere müssen sie daher entweder in Aquarien oder Wasserbecken mit dunklem Untergrund gehalten werden. Da Krallenfrösche Lungenatmer sind, muss die Wasseroberfläche für die Tiere frei zugänglich und gut belüftet sein.

Die bevorzugte Wassertemperatur liegt zwischen 20 und 22°C Grad. Abweichungen nach oben (über 25°C) wirken sich nachteilig auf die Infektionsanfälligkeit und Oozyten-Qualität aus. So kann ein stärkerer Temperaturanstieg erhebliche Probleme nach sich ziehen; latent vorhandene Bakterien – insbesondere *Aeromonas hydrophila*, können unter Stressbedingungen zum Ausbruch der „Red Leg Disease“ führen [52]. Abweichungen nach unten (bis 16°C) bereiten den Tieren weniger Probleme. Gelegentlich werden bei bestimmten Nutzungen (z. B. Entnahme von Oozyten) etwas tiefere Temperaturen von 18 bis 20°C angestrebt.

Bezüglich Wasserqualität sollte darauf geachtet werden, dass insbesondere bei der Kaulquappen-, bzw. Jungfrosch-Haltung kein Frischwasser verwendet werden sollte. Vielmehr hat sich die Verwendung von abgestandenem, belüftetem Wasser bewährt. Durch das Abstehen über ca. 2 Tage, bevor es zum Wasserwechsel verwendet wird, kann es die Raumtemperatur annehmen und die im Wasser befindliche Gase, wie Chlor, entweichen. Es ist zu empfehlen, das Wasser in den Becken über eine permanente zirkulierende Filteranlage zu reinigen.

Tabelle 18: In der EU empfohlene Mindestabmessungen und Platzangebote für die Haltung von Krallenfröschen – aquatische Anura (gemäß RL 2010/63 EU [1])

Körperlänge (**) (cm)	Minimale Wasseroberfläche (cm ²)	Minimale Wasseroberfläche für jedes zusätzliche Tier bei Gruppenhaltung (cm ²)	Minimale Wassertiefe (cm)
< 6	160	40	6
6 bis 9	300	75	8
> 9 bis 12	600	150	10
> 12	920	230	12,5

* Diese Bedingungen gelten für Haltungsbecken, jedoch nicht für Becken für Zuchtzwecke (natürliche Paarung und Eiablage), zumal dazu, aus Gründen der Effizienz, kleinere individuelle Gefäße geeigneter sind. Der angegebene Raumbedarf ist für adulte Tiere der jeweiligen Größenkategorien bestimmt; juvenile Tiere und Kaulquappen werden entweder getrennt gehalten oder die Abmessungen werden nach dem Grundsatz der Skalierung angepasst.

** Gemessen vom Maul bis zur Kloake.

In mehreren Publikationen wurden hinsichtlich des Mindest-Platzbedarfs erheblich höhere Werte angegeben, die ein artgerechtes Verhalten besser ermöglichen. So werden Werte von 2400 cm² pro Frosch in Einzelhaltung und 600 cm² pro Frosch in Gruppenhaltung empfohlen [53]. Die in Tabelle 18 dargelegten Werte sind somit als Minimalwerte zu betrachten!

7.2.14 Fisch

Fische sind in unterschiedlicher Weise an ihr Element, das Wasser angepasst und sehr viel stärker vom umgebenden Medium abhängig als andere Wirbeltiere. So unterscheidet man nach dem Salzgehalt (Salinität) des Wassers Süß- und Meerwasserfische sowie nach der Temperatur Warm- und Kaltwasserfische. Dabei gibt es anspruchsvolle Arten mit einer geringen ökologischen Anpassungsfähigkeit (stenöke) und umwelttolerante (euryöke) Arten.

Die Haltungsbedingungen müssen an die natürlichen Ansprüche der jeweiligen Arten angepasst sein, um eine optimale Lebensumgebung zu gewährleisten. Grundsätzlich muss bei der Einrichtung einer Fischhaltung (Fischhaltung) besonderer Wert auf eine bestimmte Wasserqualität gelegt werden, die u. a. durch Belastungsparameter (Ammoniak, Nitrit, Nitrat, Phosphat), Temperatur, pH-Wert, Salinität und Härtegrad charakterisiert ist [54] [55].

Tabelle 19 : Anforderungen an die Wasserparameter für Haltungssysteme am Beispiel von Zebrafischen gemäß RL 2024/1262 EU [56]

Wasserparameter	Mindest-/Höchstwerte
Temperatur	24-29 C
Leitfähigkeit	150 - 1700 µS/cm ²
Gesamthärte	40 - 250 mg/l CaCO ₃
pH-Wert	6,5 - 8
Stickstoffverbindungen	NH ₃ /NH ₄ + < 0,1(*) mg/l, NO ₂ - < 0,3 mg/l, NO ₃ - < 25 mg/l
Gelöster Sauerstoff	> 5 mg/l

Hälterungsanlagen

Die Unterbringung der Fische kann in Einzelaquarien, in großdimensionierten Gemeinschaftsanlagen oder in Freilandanlagen (künstliche Teiche etc.) erfolgen, je nach Fischart(en) und Versuchsvorhaben. Voneinander unabhängige Behälter zur Haltung einzelner Gruppen oder Individuen sind hinsichtlich der geringeren Gefahr der Verbreitung von Krankheiten und Parasiten von Vorteil, größere zusammenhängende Anlagen sind hingegen pflege- und wartungstechnisch einfacher und für Nachzuchten und Stämme (auch Mutanten oder Transgene) besser geeignet. Die Behälter sind meist aus Glas oder durchsichtigem, Kunststoffen (z.B. PC oder PSU), bei Freilandanlagen auch aus anderen Werkstoffen (Beton, Kunststoff-Folie) gefertigt. Insbesondere Einzelbehälter oder -Aquarien aus Kunststoff haben den Vorteil, dass der Kunststoff leicht getönt gestaltet werden kann, um den Einfall von Tageslicht sowie das Algenwachstum zu verringern, die Tanks leichter sind und damit ergonomischere Vorteile bei der Entnahme aus dem Gestell haben und auch reinig- und autoklavierbar sind.

Neue Fischhälterungsanlagen in der Versuchstierhaltung sollten in ruhigen und klimatisierten Räumlichkeiten aufgebaut werden, die an die Trinkwasserversorgung angeschlossen sind und möglichst auch ständigen Zugriff auf vollentsalztes Wasser oder Reverseosmose-Wasser gewährleisten, um für tropische Fischarten Wasser mit dem geeigneten Salzgehalt herstellen zu können. Die Wasseraufbereitungsanlagen gewährleisten bei Bedarf die Mischung von Trinkwasser und vollentsalztem Wasser in einem bestimmten Verhältnis. Entsprechende Vorratsbehälter sind für den regelmäßigen Wasseraustausch bzw. Ausgleich des Anlagenwasserpegels (Verdunstung) notwendig. Für Meerwasserfische müssen Misch- und Vorratsbehälter zur Herstellung von künstlichem Meerwasser vorhanden sein. Künstliches Meersalz kann über den Fachhandel bezogen werden.

Die Behälter sollten möglichst überall geschlossene, aber bewegliche Abdeckungen besitzen, um ein Herausspringen von Fischen zu verhindern und Wasserverluste durch Verdunstung zu minimieren, da bei Verdunstung eine Aufhärtung des Wassers erfolgt. Verdunstungsverluste können durch Zusatz von vollentsalztem Wasser ausgeglichen werden.

Fischanlagen oder Einzelaquarien werden meist in einem Wasserkreislauf betrieben, d.h. das Medium wird zur Reinigung mittels elektrischer Pumpen aus den Behältern zu den Filteranlagen und zurückbefördert. Einzelaquarien können z. B. derart gestaltet werden, dass der Tankboden

von der Position des Wasserzulaufes weg leicht schräg angeordnet ist und an der Rückwand am tiefsten Punkt mit einem integrierten Siphon – und/oder -Effekt ausgestattet sind. Durch den, Siphon entstehenden Wassersog, können Schmutzpartikel vom Tankboden – zur Unterstützung der Tankreinigung im Gestell – abgeführt werden. Entsprechende Schutzgitter sind für die Fische vor dem Siphon vorzusehen.

Einen höheren technischen Aufwand erfordert die ständige Durchflusshälterung mit Frischwasser. In jedem Fall sollte der Wasserdurchfluss durch die Aquarien regelbar sein.

Für strömungsliebende (rheophile) Fischarten sollten geeignete Strömungsverhältnisse (z.B. mithilfe von Strömungspumpen) erzeugt, bei rheophoben Arten der Wasserdurchsatz reduziert werden.

Die Beleuchtung sollte bei reiner Fischhälterung (ohne Bepflanzung) nicht zu stark, sondern eher gedämpft sein.

Da die regelmäßige Fütterung der Fische zeit- und personalaufwendig ist, stehen je nach Hersteller auch automatisierte Fütterungsanlagen zur Verfügung.

Die Anlagen bzw. wichtige Bestandteile, wie Filter, Pumpen, Beleuchtung, Wasserzuläufe und -abläufe, müssen regelmäßig auf Funktion und Dichtigkeit kontrolliert, die lebenswichtigen Wasserparameter möglichst permanent mit automatischen Alarmsystemen ausgestattet werden.

Wasserqualität

Belastungsparameter:

Die Wasserqualität wird in erster Linie durch stickstoff- und phosphorhaltige Exkrete der Fische bestimmt. Stickstoffexkrete werden bei der Nitrifikation durch verschiedene Bakterienarten umgewandelt: Ammoniak (NH_3) als primärer Ausscheidungsstoff wirkt bei pH-Werten über 7 zunehmend toxisch; auch das Umwandlungsprodukt Nitrit (NO_2) ist giftig, wobei die toxische Konzentration von der Fischart und der Chloridkonzentration des Wassers abhängt (Richtwert NO_2 -Konzentration $< 0,1 \text{ mg/l}$).

Das Endprodukt Nitrat (NO_3) ist in den meisten Fällen auch in höheren Konzentrationen unkritisch (empfohlen 20 mg/l). Bei anaeroben Verhältnissen kann auch gasförmiger Stickstoff entstehen. Zu hohe Phosphatkonzentrationen wirken sich meist über eine Zunahme des Algenbewuchses negativ auf die Hälterungsbedingungen aus.

Zur Beseitigung der Abfallstoffe sind biologisch-mechanische Filteranlagen erforderlich, in denen die bakterielle Nitrifikation erfolgt. Die Filter sind entsprechend der Gesamtgröße der Hälterungsanlagen und der Größe des voraussichtlichen Fischbesatzes zu konzipieren. Einzelaquarien können mit Außen- oder Innenfiltern, die im Fachhandel erhältlich sind, ausgestattet werden. Es empfiehlt sich auch die Verwendung von elektrischen Luftpumpen, die über Ausströmersteine oder Ausströmerschläuche die Sauerstoffversorgung der Anlagen verbessern. Bei Meerwasseranlagen sollten zusätzlich sog. Eiweißabschäumer verwendet werden, die Eiweißstoffe entfernen, bevor diese in der Anlage zersetzt werden und dabei Ammoniak entsteht.

Es ist außerdem ein regelmäßiger Teil-Wasserwechsel durch Frischwasser notwendig. Der Wasserwechsel kann je nach Anlage und Fischbesatz in geringem Maße täglich oder in größeren Zeitabständen mit größeren Volumina erfolgen. In Großanlagen bietet sich eine automatische Steuerung des Wasseraustausches an.

Kaltwasserfische benötigen meist einen häufigen Wasseraustausch und können z.B. in ständigem Frischwasser-Durchfluss gehalten werden. Dies hat allerdings einen erhöhten Wasserverbrauch sowie einen höheren technischen Aufwand hinsichtlich der Überwachung des Durchflusses zur Folge.

Probleme mit der Wasserqualität zeigen sich oft an einem veränderten Verhalten und Erscheinungsbild der Fische, weshalb eine tägliche Kontrolle durch entsprechend geschulten Personals erforderlich ist. Nitrit- und Nitratgehalt sollten in regelmäßigen Abständen kontrolliert werden, insbesondere nach Arbeiten an der Filteranlage oder Reinigungsvorgängen.

Temperatur, Salinität, pH-Wert und Härtegrad:

Die genannten Parameter müssen nach den Ansprüchen der jeweiligen Fischarten eingestellt und überwacht werden. Größere Schwankungen, z.B. beim Wasseraustausch, sind zu vermeiden.

Besatzdichte

Definierte Werte für die Besatzdichte sind umstritten und schwanken in der Literatur z.T. beträchtlich, da diese von vielen Faktoren abhängen. Ein sehr wichtiger Faktor ist hierbei die Wasserqualität bzw. die Effizienz der Wasseraufbereitung und die Menge/Frequenz des Wasseraustausches. Darüber hinaus wechselt der Raumbedarf von Fischen in Abhängigkeit von Art, Alter, Lebensweise, Sozialverhalten und anderen spezifischen Verhaltensweisen (Territorial-, Balz-, Fortpflanzungs- und Brutpflegeverhalten). Auch spielen das Zahlenverhältnis der Geschlechter, die Vergesellschaftung verschiedener Arten, die Inneneinrichtung sowie die Abmessungen der Behälter (Oberfläche, Höhe und Länge) eine wichtige Rolle bei der Bestimmung der maximalen Besatzdichte.

Sowohl eine erhöhte Besatzdichte als auch eine zu geringe Besatzdichte (z.B. bei Schwarmfischen) kann Probleme wie verlangsamtes Größenwachstum, fehlende Fertilität, Aggressionsverhalten sowie schnelleres Ausbreiten von Krankheiten zur Folge haben.

Quarantäne, Hygiene und Pflege

Um kranke Fische medizinisch behandeln oder isolieren zu können und zur temporären Überwachung von neu in die Anlagen einzuführenden Fischen empfiehlt sich die Einrichtung einer genügend großen Quarantäneanlage/-becken, deren Wasserkreislauf von dem der Hauptanlage getrennt zu halten ist. Dafür am besten geeignet sind Einzelaquarien oder kleinere, voneinander unabhängig betriebene Einheiten mit mehreren Behältern.

Krankheiten wie Weißpünktchen-Krankheit, Fischtuberkulose und Bauchwassersucht treten häufig in Anlagen mit übermäßigem Fischbesatz, ungeeigneten Fütterungs- und Haltungsbedingungen und unzureichender Hygiene auf. Auch durch direkten Neubesatz mit Fischen aus anderen Anlagen ohne Quarantäneaufenthalt können Krankheiten eingeschleppt werden. Der Fischbestand muss ständig durch geschultes Personal kontrolliert werden. Beim

Auftreten von Krankheiten müssen entsprechende Maßnahmen (medizinische Behandlung, Isolierung oder wenn notwendig Tötung) ergriffen werden.

Fanggeräte und andere Utensilien, die mit Fischen oder Behältern in Berührung kommen, sollten regelmäßig sterilisiert bzw. durch neues Material ersetzt werden. Übermäßige Mulm-Ansammlungen in den Behältern müssen regelmäßig entfernt werden. Veralgte und verschmutzte Aquarien sowie Rohrleitungen, Schläuche und Filteranlagen müssen gereinigt werden. Bereiche, in denen Krankheiten auftreten, sollten isoliert und mit geeigneten Mitteln gereinigt und desinfiziert werden.

Eine der am häufigsten in der Forschung eingesetzten Fischarten ist der Zebraäbrbling (*Danio rerio*). Die Haltung von Zebraäbrblingen für die Forschung beinhaltet einige Besonderheiten, die z.T. von den o.g. allgemeineren Angaben abweichen [57]. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle auf Haltungsempfehlungen für Zebraäbrblinge der European Society for Fish Models in Biology and Medicine (EuFishBioMed [58]) – hervorgegangen aus dem European Network on Fish Biomedical Models der European Cooperation in Science and Technology (COST [59]) – verwiesen [60].

8. Gebäude und Technik

Die hohen Anforderungen von Versuchstierhaltungen an Hygiene, Sicherheit aber auch Materialaufbereitung sowie aufwändige Barriereeinrichtungen bedingen einen im Vergleich mit sonstigen Forschungsgebäuden höheren technischen Installationsgrad für die störungsfreie Haltung und Versorgung der Tiere. Auch die Ver- und Entsorgungseinrichtungen und die Spülküche mit den Reinigungsanlagen für Haltungseinrichtungen wie Käfige und Käfiggestelle verursachen neben den eigentlichen Geräten aufwändige gebäudetechnische Installationen. Zum Schutz der Tiere vor Krankheitserregern muss zudem die Ausbildung einer hygienischen Barriere erfolgen (Immissionsschutz). Der Begriff „Containment“ wird eigentlich im Zusammenhang mit biologischer Sicherheit verwendet und beschreibt die Anwendung von spezifischen Einschließungsmaßnahmen beim Umgang mit Krankheitserregern, um ihren Kontakt mit den Beschäftigten, der Bevölkerung und der Umwelt auszuschließen (Emissionsschutz).

Einschließungsmaßnahmen, also ein funktionierendes Containment, sind ein Zusammenspiel aus einer Kombination aus baulichen und technischen Einrichtungen, Laborgeräten wie Sicherheitswerkbänke sowie operativen Arbeitsabläufen (z.B. Zugangskontrollen, Arbeitsanweisungen, Unterweisungen). Das Containment selbst besteht aus den raumumschließenden Bauelementen wie Wänden, Decken und Böden mit den funktionalen Einbauten, wie z.B. Türen. Des Weiteren sind die Schleuseneinrichtungen für den Zugang von Personal und das Ein- oder Ausbringen von Material auch Bestandteile des Containments. Im Folgenden wird auch für die Immissionsschutzbarriere einer Versuchstierhaltung die Bezeichnung „Containment“ verwendet.

In diesem Kapitel werden die dabei implizit festgelegten baulichen und technischen Aspekte vertieft dargelegt. Auf die bei Sanierungen oder Umbauten von bestehenden Versuchstierhaltungsgebäuden auftretenden besonderen Probleme wird in den jeweiligen Kapiteln hingewiesen.

8.1 Flexibilität

Tierexperimentelle Einrichtungen sind ein wesentlicher Teil der Infrastruktur für die biomedizinische Forschung. In der Forschung ist nichts beständiger als der Wechsel. Auch die Anforderungen, die sich durch die verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen und Forschungsinstitutionen an die tierexperimentellen Einrichtungen ergeben, erfordern ein hohes Maß an Flexibilität (z.B. für „neue“ Spezies, spezielle gentechnisch veränderte Tiere etc.).

Aus diesem Grund sollte bei der Struktur und technischen Ausstattung eines Gebäudes die Möglichkeit späterer Nutzungsänderungen stets im Auge behalten werden. Ein wesentlicher Bestandteil einer guten Grundlagenplanung ist daher die gründliche Ermittlung und Dokumentation der möglichen, aber auch der bewusst ausgeschlossenen Veränderungs- und Anpassungsmöglichkeiten. Bei rechtzeitiger Berücksichtigung kann der Preis für Flexibilität niedriger ausfallen, als dies zunächst erwartet wird (siehe Kapitel 3.3 Bedarfsplanung).

8.2 Raumgrößen und Raumausstattung

Um Wiederholungen zu vermeiden, sind die Aspekte zu den Raumgrößen und deren Ausstattung ausschließlich in den Ausführungen von Kapitel 4 „Funktionsbereiche und Raumarten“ dargelegt.

8.2.1 Käfige und Zubehör

In diesem Heft werden die Käfige bereits in Kapitel 5 „Haltungssysteme“ und Kapitel 6 „Haltungseinheiten“ ausführlich beschrieben.

Daher wird in diesem Kapitel nur auf folgende Aspekte hingewiesen:

- Logistik
Je weniger verschiedene Käfigtypen in einer Versuchstierhaltung zum Einsatz kommen, umso einfacher wird die Optimierung logistischer Abläufe (Beschaffung, Bevorratung, Lagerung, Handling). Reinigungs- und Sterilisationsanlagen sind auf die einzusetzenden Käfigtypen oder Haltungssysteme sowie die täglich oder wöchentlich zu erwartende Stückzahl der Aufbereitung abzustimmen.
- Ergonomische Aspekte (z.B. Größen und Gewichte) dürfen bei der Planung keineswegs unterschätzt werden, da viele Tätigkeiten, z.B. Käfigwechsel-Prozeduren, Beschickung von Reinigungs- und Sterilisationsanlagen oder Transportsystemen repetitiv sind, d.h. sie werden ggf. Hunderte Male pro Tag gleichartig ausgeführt.
- Auswahl des richtigen Käfigmaterials ist von großer Bedeutung, da damit viele Festlegungen für den Betrieb, insbesondere bei der Käfigaufbereitung, getroffen werden. Beispielsweise sind hier mögliche Autoklaviertemperaturen und somit Zykluszeiten, Haltbarkeit des Materials, Verträglichkeit mit den Prozesschemikalien der Käfigaufbereitung zu betrachten. Weitergehende Hinweise zu diesem Themenfeld finden sich in der Broschüre „Käfigaufbereitung in der Tierhaltung richtig gemacht“ des Arbeitskreises Käfigaufbereitung [30].

8.3 Baumaterialien

Bei der Wahl der Baumaterialien sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Die Wand-, Boden und Deckenkonstruktionen sind dicht, hohlraumfrei und aus anorganischen Materialien, z.B. kein Holz und darauf basierende Werkstoffe, auszuführen.
Die Oberflächen müssen glatt, weitestgehend fugenlos, leicht zu reinigen sowie beständig gegenüber den einzusetzenden Reinigungs- und Desinfektionsmitteln einschließlich Präparaten für Raumbegasungen gemäß der Präparatliste des Nutzers sein. Auch mechanische Belastungen, z.B. verursacht durch Wagen, Hochdruckreinigung oder herunterfallendes Material, müssen schadlos aufgenommen werden. Bei der Auslegung der Bodenoberflächen ist ein Zielkonflikt zwischen leichter Reinigung und den Anforderungen an die Rutschfestigkeit gegeben. Um eine ausreichende Rutsicherheit herzustellen, können in die Kunstharzbeschichtungen beispielsweise Quarzsand oder Glaskügelchen eingemischt werden, was aber den Nachteil hat, dass die Böden dann schlechter zu reinigen sind, alternativ verwendet man entsprechendes Schuhwerk.
- Bewährt haben sich monolithische Konstruktionen, wie Beton und spezielle Bausysteme, als auch Pharmatrennwände oder Trockenbauwandsystem mit Zementbauplatten und Kunstharz- oder Polyurethan-Beschichtungen, vor allem ist bei der Kombination verschiedener Werkstoffe besondere Sorgfalt erforderlich, um Unverträglichkeiten untereinander, die zu Schäden (z.B. Rissbildung, Ablösung etc.) führen können, zu vermeiden. Wandbeschichtungen sind stoßempfindlich. Sie müssen regelmäßig kontrolliert und bei Bedarf ausgebessert werden. Die Installation von Rammschutzleisten in Räumen, Gängen, Fahrstühlen und Wandecken ist zu empfehlen. Die Rammschutzleisten sind hinsichtlich Position und Breiten auf die später verwendete Ausstattung einschließlich der Transportsysteme/ -wagen abzustimmen.
Fliesenbeläge sind aufgrund des hohen Fugenanteils in Barrieren aus Sicht der Hygiene nicht empfehlenswert. Auch führen die Fugen beim Befahren mit Transportwagen zu einer hohen Lärmbelastung.
- Aus Gründen des kontrollierten Hell-Dunkel-Zyklus und der Raumklimatisierung sind Außenfenster im Tierhaltungsraum zu vermeiden. Falls diese speziesspezifisch erforderlich sind (z.B. bei Hunden), müssen die Fensterkonstruktionen absolut dicht mit hohen Wärmeschutzkoeffizienten und ggf. geeigneter Sonnenschutzeinrichtung ausgeführt werden.

Die Türelemente sollen folgende Anforderungen erfüllen können:

- ausreichend große Türen im Lichten – also Rohbaumaß minus Zargenabmessung - mind. 205 cm hoch u. mind. 100 cm breit,
- Widerstandsfähigkeit zur Aufnahme von Luftdruckdifferenzen und Luftfeuchtigkeit zur Vermeidung von Materialverformungen,
- hohlraumfreie oder in sich geschlossene dichte Türblatt- und Zargenkonstruktion,
- mechanische Widerstandsfähigkeit,

- Beständigkeit gegenüber den einzusetzenden Reinigungs- und Desinfektionsmitteln „Nassraum-Türelemente“,
- Leichtgängigkeit in Verbindung mit elektrischen Türöffnern und Schließvorrichtungen oder mechanischen Einhand-Bedienungselementen,
- Dichtigkeit des Türelements abgestimmt auf die Konzeption der Lüftungsanlage (Druckregelung oder Luftüberströmung) und der Raumbegasung (s. Abschn. 8.7),
- rundum lichtdicht schließend, um Lichteinflüsse aus angrenzenden Räumen auf die im Raum befindlichen Tiere auszuschließen, insbesondere bei umgekehrtem Lichtzyklus oder Verhaltensuntersuchungen,
- evtl. Ausstattung mit verdunkelbaren, luftdichten Kontrollfenstern zur Überwachung der Tierhaltungsräume, oder abgeklebt mit roter Folie (570-580 nm Wellenlänge), um den von den Tieren wahrnehmbaren Lichteintrag während der Dunkelphase in den Tierhaltungsraum zu verhindern,
- Ausstattung mit Zutrittskontrollenrichtungen.

8.4 Installationen

Folgende Grundsätze sollten bei Planung und Ausführung von Medien-, Elektro- und Lüftungsinstallationen berücksichtigt werden:

- möglichst wenige Installationen im Tierhaltungsbereich bzw. in der Hygienebarriere,
- Zu wartende Bauteile möglichst außerhalb des Tierhaltungsbereichs bzw. der Hygienebarriere, um eine einfache Zugänglichkeit für das Wartungspersonal zu gewährleisten,
- wenige gasdicht auszuführende Wanddurchführungen an den Barrieregrenzen,
- einfache und geradlinige Installationsführung für einfache Reinigung und Desinfektion,
- auswählen von Materialien mit Beständigkeit gegenüber einzusetzenden Reinigungs- und Desinfektionsmitteln.
- Horizontale Flächen, z.B. rechteckige Kanalquerschnitte sind zu vermeiden, um Staub- und Schmutzablagerungen zu reduzieren,
- für ausreichende Redundanz (bei Lüftung ca. 60 % der max. erforderlichen Kapazitäten) achten, um einen Ausfall von versorgungskritischen Anlagen kompensieren zu können.

Folgende Medien können je nach Tierart und Nutzung in Tierhaltungsräumen notwendig sein:

- Kalt- und Warmwasser,
- entkeimtes Wasser für Barrierebereiche,
- enthärtetes bzw. vollentsalztes Wasser,
- zentral hergestellte Desinfektionslösung,
- Wasser für automatische Tränken,
- Strom (230/400 V, ggf. ersatzstromversorgt),
- Schwachstrom (für EDV, Telefon, Alarm),
- Raumzuluft und Raumabluft (ggf. mit direktem Abluft-Anschluss für Einzelgeräte),
- IT-Netzwerkanschluss für PC, IVC-Gebläseeinheiten, Haltungssysteme mit digitaler, sensorgestützter Überwachungstechnik.

8.5 Raumluftkonditionierung

Tierhaltungsräume sollen aufgrund unterschiedlicher Besatzdichten und Speziesanforderungen hinsichtlich ihrer Raumluftkonditionierung – einschließlich Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftwechselrate - unabhängig voneinander regelbar sein. Bei der Haltung unterschiedlicher Spezies können zusätzliche Klimazonen erforderlich werden. In bestimmten Fällen lassen sich mehrere Räume zu einer gemeinsamen Klimazonen zusammenfassen.

Die Einzelraumregelung ermöglicht eine flexible Anpassung des Raumklimas an Tierart und Besatzdichte und gewährleistet damit maximale Haltungsflexibilität. Demgegenüber schränkt die zonenweise lufttechnische Versorgung von Raumgruppen die Flexibilität ein, da sie einheitliche Wärmelasten und damit festgelegte Spezies- und Haltungskapazitäten erfordert. Gleiches gilt für die direkte lufttechnische Versorgung der Haltungssysteme über zentrale Lüftungsanlagen, die aufgrund geforderten Temperatur- und Feuchtkonstanz die Tierhaltungskapazitäten determiniert.

Raumluftechnische Anlagen müssen so ausgelegt sein, dass vorgegebene Werte für den Raumlufzustand – ob als feste Sollwerte mit zugelassenen Toleranzen oder als tagesrhythmische Schwankungen - selbstregelnd eingehalten werden. Bei Ausfall eines Anlagenteils muss bis zu dessen Wiederherstellung mindestens 60 %, möglichst bis zu 100% der maximalen Leistung aufrechterhalten werden können.

Im Störfall müssen Druckhaltung und ausreichende Frischluftversorgung der Tiere jederzeit gewährleistet sein. Erfahrungswerte zeigen, dass bei IVC-Gebläseeinheiten, die ihre Zuluft aus dem Rauminneren beziehen, der Raum als Puffer wirkt und Zustandsänderungen verzögert. Für einen zuvor definierten Zeitraum sind ein geringer Temperaturanstieg und eine moderate Änderung der Raumluftfeuchte sowie eine Unterschreitung der Luftwechselrate tolerierbar.

Die Auslegung der Klimaanlage hinsichtlich Luftwechselrate ist von der Besatzdichte des Raumes und der eingesetzten Haltungstechnik abhängig: Für die Haltung der Versuchstiere in offenen Käfigen gibt Anhang A der ETS 123 [39] eine Luftwechselrate von 15- bis 20-fach pro Stunde vor. In der RL 2010/63/EU wird lediglich eine ausreichende Luftzirkulation gefordert [1]. Bei der Haltung von kleinen Labornagern in Klimaschränken oder individuell ventilierten Käfigen (IVC) mit direktem druckentkoppeltem Anschluss der Abluft an die Abluftkanäle kann die Luftwechselrate im Raum auf 8- bis 12-fach pro Stunde – in **Einzelfällen** mit individueller Bewertung der abzuführenden Wärmelasten ggf. auch noch geringer - reduziert werden. Dies senkt den Energiebedarf für die Raumklimatisierung erheblich und mindert die Belastung der Tierhaltungsräume durch Allergene und infektiöse Stäube.

Die raumluftechnischen Anlagen eines Barriersystems dürfen in keinem Fall mit denen benachbarter Systeme oder anderer Bereiche verbunden sein. Die Lüftungstechnische Leistungsfähigkeit eines Raumes ist auf dessen maximal Belegungskapazität auszulegen. Als Berechnungsgrundlage dienen die von den Tieren abgegebene sensible und latente Wärmemenge (siehe Anhang „Wärme- und Wasserdampfabgabe verschiedener Vertebraten“) sowie die klimatechnisch relevanten Faktoren des Raumes (Lage, Größe, Bauweise), seiner Einrichtungen und des Personals. Die Außenluft sollte in mehr als 3 m Höhe über der Geländeoberkante angesaugt werden, um Kontaminationen zu vermeiden.

Insbesondere bei Sanierungen bestehender Anlagen, in denen Flächen oder Medien für die raumluftechnischen Anlagen nicht ausreichend zur Verfügung stehen, kann die Be- und Entfeuchtungsregelung der IVC-Haltungseinheiten über spezielle IVC-Gebläseeinheiten (siehe Kapitel 5.2.3) erfolgen und damit von der Raumlufthkonditionierung abgekoppelt werden. In diesem Fall bestimmt jedoch die IVC-Gebläseeinheit das Haltungssystem, die Spezies und die Haltungskapazitäten.

Die in den nachfolgenden Unterkapiteln angegebenen Werte sind Standardwerte für die Versuchstierhaltung in Anlehnung an international gebräuchliche Standards. Sie dienen vor allem dazu, die Vergleichbarkeit tierexperimenteller Ergebnisse zu gewährleisten. Es handelt sich dabei nicht um absolute Grenzwerte, die ganzjährig einzuhalten sind, sondern Planungs- und Auslegungsgrößen für raumluftechnische Anlagen, die für den überwiegenden Teil des Jahres maßgeblich sein sollen. Die Auslegung erfolgt auf Basis der jeweiligen Klimazone. Schwankungen infolge extremer Witterungslagen sind in gewissen Grenzen zulässig, entsprechend den Regelungen für Arbeitsplätze in Nichtwohngebäuden gemäß DIN EN 16798 [61] und DIN 4108-2 [62].

Für Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen sollte jeder Raum vollständig und unabhängig von der übrigen Klimaanlage trennbar, um eine Einzelbegasung mit Desinfektionsmitteln zu ermöglichen.

Für die Installation und Regelung der Klimatechnik in Tierhaltungsräumen stehen verschiedene technische Lösungen zur Verfügung – hinsichtlich Luftführung (Induktions- oder Quell-Lüftung), Befeuchtung und Temperierung. Die Gestaltung der Luftführung ist dabei entscheidend für den Arbeitsschutz sowie für den Schutz der Tiere vor Kreuzkontamination.

Die Induktionslüftung bewirkt eine gute und schnelle Durchmischung von Zuluft und Raumluf, birgt jedoch das Risiko einer Verteilung von Schadstoffen und Gerüchen. Da die Zuluft mit relativ hoher Geschwindigkeit in den Raum einströmt, kann es zu Zugerscheinungen und Verwirbelungen kommen. Durch Anzahl und Gestaltung der Luftauslässe lässt sich dieser Effekt reduzieren.

Neben verschiedenen Zuluft-Auslässen an der Decke haben sich Abluftführungen an den Wänden in Boden- und Deckennähe bewährt.

Eine technische Lösung zur Verringerung der Austrittsgeschwindigkeit bieten textile Lüftungsauslässe. Durch Lochperforation des Gewebes lassen sich auch bei hohem Luftstrom niedrige Austrittsgeschwindigkeiten realisieren. Die textilen Auslässe können im Raum abgenommen werden, vor der Barriere gereinigt und anschließend über den Autoklaven wieder eingeschleust werden.

Die Quelläftung macht sich das Prinzip zunutze, dass erwärmte Luft aufsteigt. Die Zuluft gelangt über lange, wandparallele Quelläuslässe in Bodennähe mit geringer Geschwindigkeit in den Raum, steigt nach oben und wird über Abluftkanäle an der Decke abgeführt. Gegenüber der Induktionslüftung erfordert dieses System jedoch einen höheren Platzbedarf und ist mit höheren Investitionskosten verbunden.

8.5.1 Raumtemperatur

Tabelle 20 : Empfohlene Umgebungstemperatur für verschiedene Versuchstierarten gem. ETS 123, Species specific section [39]

Tierart	Empfohlene Umgebungstemperatur (C)
Krallenfrosch	18-22 (Wassertemperatur)
Huhn	15-25
Maus, Ratte, Meerschwein	20-24
Kaninchen	15-21
Hund, Katze*	15-21 (unterer Bereich nur bei Vorhandensein eines warmen Liegeplatzes)
Schwein (30-100kg) *	18-22
Affe*	20-28

* Anforderungen können speziesabhängig und abhängig vom Körperzustand sein

Zur Einhaltung der o.g. Raumtemperaturen ist grundsätzlich eine Kühllastberechnung unter Berücksichtigung der Wärmelast der Tiere und der eingesetzten Geräte und Personen zu erstellen.

Tabelle 21: Wärme- und Wasserdampfabgabe verschiedener Vertebraten [63, 64]

Spezies	Körpergewicht	Wärmeabgabe / Stunde		
	(kg)	Sensible Wärme (Watt)	Latente Wärme ² (Watt)	Wasserdampf-abgabe (g)
Mensch	75	112,49	60,57	86,6
Maus	0,018	0,22	0,12	0,17
Ratte	0,200	1,32	0,71	1,02
Goldhamster	0,080	0,66	0,36	0,51
Meerschweinchen	0,300	1,79	0,97	1,39
Kaninchen	2	7,42	4,00	5,72
Katze	2	7,42	4,00	5,72
Affe	5	14,76	7,95	11,37
Hund	4	12,48	6,72	9,61
	8	21,00	11,31	16,17
	12	28,46	15,32	21,9
	16	35,31	19,01	27,9
	20	41,74	22,48	32,2
	24	47,86	25,77	36,8
	28	53,73	28,93	41,3
	32	59,39	31,98	45,7
Zwergschwein	30	56,58	30,47	43,6
Schwein	125	165,01	88,85	127,1
Schaf	40	70,21	37,80	54,0
Ziege	36	64,87	34,93	49,9
Pferd	400	394,80	212,58	303,99

Rind	300	318,18	171,33	245,0
Huhn	1,8	6,86	3,69	5,3
Taube	0,280	1,70	0,91	1,3
Wachtel	0,140	1,01	0,54	0,77

Berechnungsgrundlage:

¹ Die sensible Wärme Q_s entsteht durch Strahlung und Konvektion. Sie berechnet sich nach der Formel $Q_s = 4,414 \times KGW^{0,75}$, wobei das Körpergewicht KGW in kg anzugeben ist und die Wärme Q_s in Watt berechnet wird [63, 64].

² Die latente Wärme ist die Wärmeabgabe durch Verdunstung (Wasserdampfabgabe).

8.5.2 Luftfeuchtigkeit

Bei der Planung sollte eine relative Feuchte von 55 % $\pm$ 10 % gemäß Anhang A ETS 123 [39] zugrunde gelegt werden. Unter extremen Witterungsbedingungen können sich in der Praxis Werte zwischen 30 % und 70 % relative Luftfeuchte ergeben. Innerhalb dieser Spanne sind keine negativen Einflüsse auf die meisten Säugetierspezies bekannt. Diese Grenzwerte finden sich auch im „Guide for Care and Use of Laboratory Animals“ [65].

8.5.3 Luftwechselraten

Zur Einhaltung der Raumtemperaturen ist eine Kühllastberechnung unter Berücksichtigung der Wärmelast von Tieren, Geräten und Personen zu erstellen, diese ergibt die erforderliche Mindest-Luftmenge. Stehen keine spezifischeren Messdaten zur Verfügung, kann die Tabelle „Wärmeabgaben“ herangezogen werden. Entscheidend für die Auslegung der Klimaanlage ist die erforderliche Mindest-Luftmenge, auf deren Basis und in Abhängigkeit vom Raumvolumen dann die erforderliche Mindest-Luftwechselrate berechnet werden kann.

Für die am häufigsten verwendeten Versuchstierarten ist in Tierhaltungsräumen ein 8- bis 15-facher Luftwechsel zu empfehlen [39]. Der 8-fache Luftwechsel entspricht zugleich der für Labore geforderte Rate von 25 m³/m² Grundfläche (DIN EN 1946-T7 bei 3 m Raumhöhe und 20 % Luftreserve [66]). In intensiv belegten Tierhaltungsräumen oder offenen Haltungssystemen kann eine höhere Luftwechselrate erforderlich sein, um Schadgase wie Kohlendioxid und Ammoniak ausreichend abzuführen.

In Ausnahmefällen kann die Luftwechselrate abgesenkt werden: Bei IVC-Haltungssystemen, deren Käfigabluft direkt in die Raumabluftkanäle geleitet wird, ist ein reduzierter Luftwechsel ausreichend, sofern die auftretenden Wärmelasten weiterhin sicher abgeführt werden. Der Abluftanschluss ist dabei so auszuführen, dass die Raumluft als Druckpuffer dient und Schwankungen im bauseitigen Abluftsystem sich nicht direkt auf die Druckverhältnisse im Käfig auswirken. Gleiches gilt für in sich geschlossene Haltungssysteme wie Klimaschränke, sofern die Temperaturkonstanz im Haltungssystem gewährleistet bleibt.

Die Luftgeschwindigkeit im Gang zwischen den Käfigregalen sollte 0,3 m/s (gemessen bei 22°C in 1,6 m Höhe) nicht überschreiten. Die Zuluftführung ist so zu gestalten, dass eine optimale Durchmischung der Raumluft und ein konstantes Mikroklima in den einzelnen Käfigen sichergestellt werden.

8.5.4 Luftdruck

Um den hygienischen Schutz von Tierhaltungsräumen zu gewährleisten, gibt es zwei gebräuchliche Prinzipien der Luftverteilung:

- Kontrolliertes Überströmen:
Durch eine definierte Differenz zwischen Zu- und Abluftmenge wird ein kontrollierter Luftstrom in die gewünschte Richtung erzeugt. Die Einregulierung ist einfach, das System insgesamt weniger störanfällig. Innerhalb eines Haltungsbereichs ist die kontrollierte Überströmung zur Aufrechterhaltung der Hygienebarriere ausreichend und Stand der Technik.
- Druckregelung (bei S3-Bereichen gem. GenTSV [19] gesetzlich vorgeschrieben):
Dabei wird eine definierte Druckdifferenz zwischen zwei Hygienebereichen eingestellt, die zwischen Tierhaltungsraum und Außenbereich mindestens 30 Pa betragen sollte. Bei Schleusensystemen ist die Druckdifferenz kaskadenweise realisierbar. Dieses Prinzip stellt höhere Anforderungen an die Steuerung: Leckageluftmengen müssen im Vorfeld quantifiziert, Regelelemente und deren Regelgeschwindigkeiten im Lüftungssystem aufeinander abgestimmt werden. Die Einregulierung sowie die Programmierung der Steuertechnik erfordert entsprechende Erfahrung.

8.5.5 Luftfilter

In Versuchstierhaltungen sind geeignete Luftfilter in die Zu- und Abluftkanäle einzubauen. Für die Entkeimung der Zuluft in Tierhaltungsräumen mit hygienischer Barriere oder in sog. reinen Räumen haben sich dreistufige Filteranlagen bewährt: Vor- oder Außenluftfilter, Feinfilter und Absolut- bzw. Schwebstoff-Filter. Schwebstoff-Filter, auch „S“- oder „HEPA“-Filter genannt, haben einen Abscheidegrad von 99,95 % aller Partikel, die größer als 0,2 µm sind (Filterklasse: H 13 bzw. H14, DIN EN 1822-1) [67]. Solche HEPA-Filter zur Keimfilterung der Zuluft müssen in geeigneten Gehäusen, die einen hygienischen Wechsel der Filterelemente ermöglichen, dicht vor den Tierhaltungsräumen installiert werden. Die Außenluftfilter werden in der Luftansaugung bzw. Luftaufbereitung eingebaut, dienen wie Feinfilter insbesondere dem Schutz der HEPA-Filter. Die Einteilung der Filter in Klassen erfolgt entsprechend den europäischen sowie internationalen Normen DIN EN 1822 [67] und DIN EN ISO 29463 [68].

Bei der Haltung von Tieren in offenen Haltungssystemen fallen große Mengen Staub an. Die Abluftöffnungen in der Versuchstierhaltung sollten daher mit Grobstaubfiltern versehen sein, um Staubablagerung in den Abluftkanälen zu vermeiden – diese begünstigen sowohl Keimwachstum als auch Brandgefahr und beeinträchtigen die Funktion installierter Messfühler. Filter und nachgelagerte Kanalsysteme müssen reinigungs- und desinfizierbar sein; ausgewechselte Filter zusätzlich auch für sich allein (siehe Kapitel 8.6 „Raumbegasung“). Bei der Haltung infizierter Tiere dürfen Keime entsprechend ihrer Risikogruppe nach BioStoffV [10] und nach GenTSV [19] nicht nach außen gelangen. Das Abluftsystem muss daher zusätzliche Fein- und Schwebstoff-Filter umfassen. Bei in sich geschlossenen Haltungssystemen mit eigener Zuluftfiltrierung kann die Anforderung an die Raumluftfiltrierung reduziert werden. Zu beachten bleibt jedoch, dass im Raum bewegtes Material potenziell kontaminiert sein kann; entsprechende organisatorische Maßnahmen sind vorzusehen.

8.5.6 Lufttechnische Versorgung von Haltungssystemen

Bei der Luftversorgung von IVC-Käfig-Gestellen für die Nagerhaltung ist der Unterschied zwischen dezentralen und zentralen Systemen ein wesentlicher Planungsaspekt.

(Dezentrale) Gebläseeinheiten saugen die Luft aus dem Raum an, der damit als klimatischer Puffer fungiert. Sprunghafte Änderungen der Zuluftkonditionen erreichen die Tiere so nicht unmittelbar, sondern werden vom Raum abgedämpft – das Personal gewinnt Zeit zum Eingreifen.

Bei zentralen Anlagen hingegen schlägt ein Temperatursprung direkt in die Käfige durch, was das Risiko eines hypo- bzw. hyperthermischen Schocks birgt. Die Idee, mit zentralen Systemen im Käfig gezielt andere Temperaturen als im Raum zu erreichen - etwa 24°C für die Tiere bei etwa 18°C für das Personal - hat sich aufgrund des unvermeidlichen Wärmeaustausches zwischen Käfig und Raum als nicht realisierbar erwiesen.

Die nachfolgenden Grafiken zeigen mögliche Varianten der lufttechnischen Versorgung von IVC-Haltungs-Systemen – von zentraler, über semizentrale bis hin zu dezentraler Lösung.

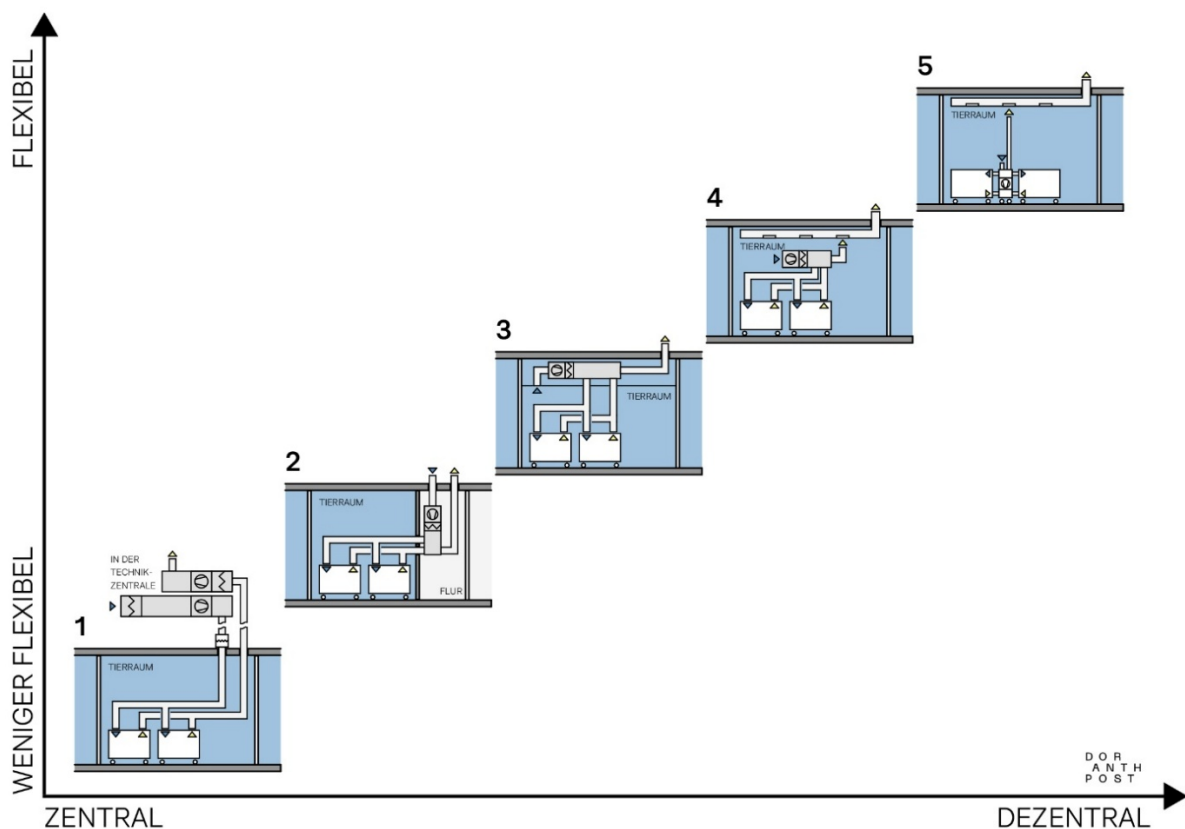


Abbildung 6: Einordnung der lufttechnischen Versorgung von IVC-Systemen und Zusammenhang von Flexibilität und (De-)Zentralisierung

Kurzbeschreibung der Varianten:

Variante 1 – Zentrales Belüftungssystem

Zu- und Abluftversorgung aller IVC-Käfig-Gestelle erfolgen aus der Technikzentrale. Die konditionierte Frischluft wird über ein separates Reinluftkanalsystem direkt zu den Gestellen in den Tierhaltungsräumen geführt. Die Filtrierung der Zuluft kann dabei entweder in der Technikzentrale selbst oder über Filterkästen unmittelbar vor den jeweiligen Tierhaltungsräumen erfolgen. Die Abluft aus den Gestellen wird über ein getrenntes Kanalsystem in die Technikzentrale zurückgeführt und von dort – optional gefiltert – über Dach ausgeblasen.

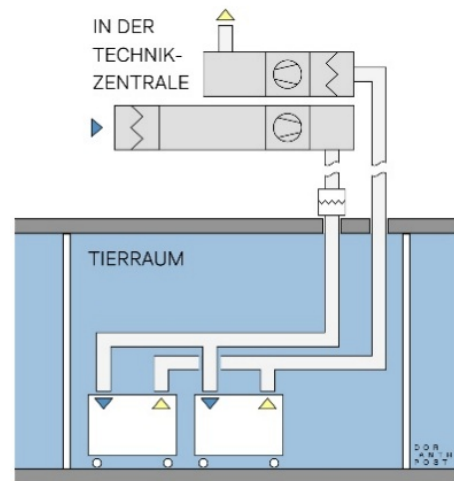


Abbildung 7: Variante 1 Zentrales Belüftungssystem

Variante 2 – Raumweise zentralisiertes externes Belüftungssystem

Die Funktionen sind identisch mit dem zentralen Belüftungssystem, jedoch werden die Funktionselemente wie Ventilator, Regelung und Filtrierung jeweils für einen Raum oder eine Gruppe zusammengefasst und außerhalb des Tierhaltungsraumes an der Raumgrenze (etwa im Flur oder in einer angrenzenden Installations-ebene) modular untergebracht.

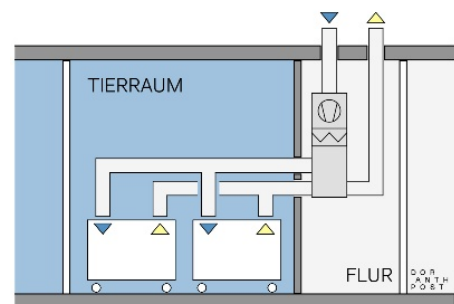


Abbildung 8: Variante 2 Raumweise zentralisiertes externes Belüftungssystem

Variante 3 – Raumweise zentralisiertes internes Belüftungssystem

Die Lüftungsanlage ist im Raum oder innerhalb der hygienischen Barriere an der Raumgrenze (in der Regel unter der Decke oder an der Wand) angeordnet und bezieht die Zuluft direkt aus dem Tierhaltungsraum. Diese wird gefiltert und direkt den Gestellen zugeführt. Die Käfigabluft aus den Gestellen wird über Zugunterbrecher entweder an die Raumabluft oder an eine separate Käfigabluftleitung (ähnlich wie bei den Varianten 1 und 2) angeschlossen.

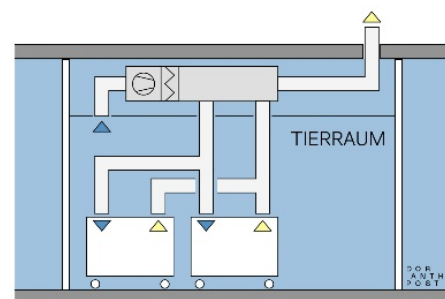


Abbildung 9: Variante 3 Raumweise zentralisiertes internes Belüftungssystem

Variante 4 – Wand- oder deckenmontiertes dezentrales Belüftungssystem

Im Tierhaltungsraum werden Gebläse zur Versorgung von IVC-Gestellen an der Wand oder an der Decke hängend montiert. Alle weiteren Funktionen sind prinzipiell wie bei Variante 3. Da jedoch mehrere Gebläse anstelle von nur einer vorhanden sind, können in verschiedenen Gestellen leichter unterschiedliche Bedingungen realisiert werden.

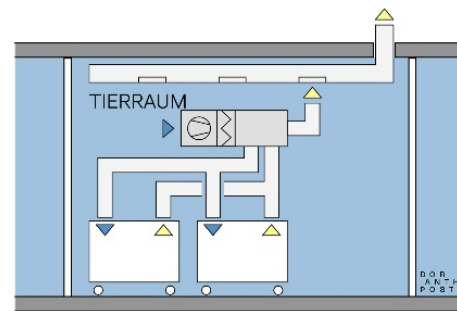


Abbildung 10: Variante 4 Wand- oder deckenmontiertes dezentrales Belüftungssystem

Variante 5 – Auf dem Boden stehendes, dezentrales Belüftungssystem

Das Belüftungssystem ist identisch mit dem der Variante 4, jedoch ist die Lüftereinheit (Gebläse) ein eigenständiges, fahrbares Modul zwischen den Gestellen. Wie im Kapitel 5.2.3 IVC-Haltungssysteme beschrieben, können bodenstehende Gebläseeinheiten auch mit einer dezentralen Luft-Be- und Entfeuchtung ausgestattet werden. (Bei einigen Fabrikaten sind die Lüftereinheiten auch an den Gestellen angebracht.)

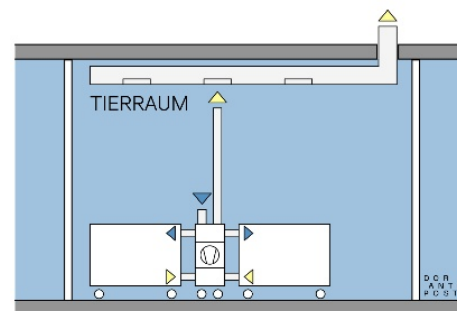


Abbildung 11: Variante 5 Auf dem Boden stehendes, dezentrales Belüftungssystem

Anmerkungen zur Grafik und der Variantenbeschreibung:

- Flexibilität:
Je flexibler das System, desto einfacher ist es auf wechselnde oder spezifische Haltungsbedingungen anpassbar.
- Schnittstellen:
Je zentraler das System, desto höher der Aufwand für Schnittstellenklärung und Schnittstellenbereinigung sowie die Einregulierung.
- Betriebssicherheit:
Je zentraler das System ausgelegt, desto mehr Gestelle sind bei Störungen betroffen. Systeme, die Tierhaltungsraumluft ansaugen, profitieren dabei von der Pufferwirkung des Raumvolumens bei sprunghaften Änderungen der Zuluftkonditionierung.
- Platzbedarf:
Bei dezentralen Gebläseeinheiten auf dem Boden (Variante 5) wird zusätzliche Tierhaltungsraumfläche benötigt. Bei den zentralen Lösungen (Varianten 1 und 2) erfordern entsprechende Flächen im Technikbereich oder in Technikfluren.

8.6 Raumbegasung / Raumdesinfektion

Die Begasung eines einzelnen Tierhaltungsraumes oder eines gesamten Tierhaltungsbereichs ist erforderlich, wenn ein definiertes Hygieneniveau erreicht werden soll, z.B. vor der Belegung von Tierhaltungsräumen oder zur Dekontamination nach einem Hygieneeinbruch. Üblicherweise kommen Verfahren auf Basis von Formaldehyd, Wasserstoffperoxid, Chlordioxid oder anderen vernebelbaren Desinfektionschemikalien zum Einsatz. Die Dekontamination erfolgt durch Benetzen der Oberflächen. Die Art der Raumdekontamination ist durch den Betreiber mittels Risikobeurteilung festzulegen. Eine Sondersituation stellt der Einsatz endständiger Filter direkt im Raum dar.

Für alle Verfahren müssen folgende bautechnischen Bedingungen erfüllt sein:

Raumdichtigkeit:

Wände, Decken, Durchführungen und technische Einbauten müssen den Anforderungen der Luftdichtigkeitsklasse 2 gemäß Tabelle 2 der VDI 2083 Blatt 19 [69] entsprechen. Türen, die nicht luftdicht ausgeführt sind, müssen luftdicht abgeklebt werden können.

Kanaldichtigkeit:

Lüftungskanäle einschließlich geeigneter Absperrvorrichtungen müssen mindestens Dichtheitsklasse C, vorzugsweise D erfüllen (DIN EN 1507 [70] und 12237 [71]).

Anordnung der Begasungsstutzen:

Die Stutzen sind so anzuordnen, dass die zum Hygienebereich gehörenden Zu- und Abluftkanäle mitbehandelt werden (siehe Abbildung 12: Schema Begasungsvarianten am Ende dieses Abschnitts).

Materialverträglichkeit:

Alle Materialien müssen gegenüber eingesetztem Reinigungs- und Desinfektionsmittel beständig sein.

Hohlräume:

Mit dem Hygienebereich verbundene Hohlräume (z.B. Kabelkanäle) müssen vom Reinigungs- und Desinfektionsmittel in ausreichender Menge und Konzentration erreicht werden. Filter müssen eigenständig begasbar sein, hierfür sind entsprechende Stutzen und Absperrreinrichtungen vorzusehen.

Die Wirksamkeit aller Verfahren sollte über eine Validierung belegt werden.

Weiterhin ist Folgendes zu beachten:

Formaldehyd:

Bei Kontaminationen mit meldepflichtigen Keimen kann eine Raumbegasung mit Formaldehyd notwendig werden. Diese setzt eine behördliche Genehmigung voraus; die Ausführenden müssen über einen Befähigungsschein, z.B. gemäß TRGS 522 „Raumdesinfektion mit Formaldehyd“ [72] verfügen.

Einer Formaldehydbegasung folgt in der Regel eine Neutralisationsphase mit Ammoniak. Die Materialverträglichkeit mit Ammoniak ist daher ebenso zu berücksichtigen. Alternativ können

Räume belüftet werden und mehrere Tage leer gelassen werden. Die anschließende Reinigung ist mit kaltem Wasser vorzunehmen, da warmes Wasser die Formaldehydfreisetzung aus Materialien begünstigt.

Wasserstoffperoxid (H_2O_2 / VHP):

Das VHP-Verfahren (Vaporized Hydrogen Peroxide) ermöglicht eine Dekontamination ohne toxische Rückstände und eignet sich auch für Räume und Güter, für die früher Formalin oder Peressigsäure erforderlich waren. Zu beachten sind die hohen Anforderungen an Oberflächen, Beschichtungen und Komponenten wie Elektroschalter oder Leuchten, die in Standardausstattung einer H_2O_2 -Begasung nicht standhalten. Kunststoffmaterialien absorbieren H_2O_2 und geben es über mehrere Tage wieder an die Umgebungsluft ab; die Begasung von Kunststoffkäfigen sollte daher nur im Ausnahmefall in Betracht gezogen werden.

Materialverträglichkeit und Probebegasung:

Eine Probebegasung von Beschichtungen, zum Beispiel Epoxidharz und Einbauten, wie Steckdosen oder Netzwerkdosen hat sich bewährt, um die Verträglichkeit vorab zu prüfen.

Betrieb:

Raumbegasungen können durch eigenes, entsprechend geschultes Personal mit eigenen Geräten oder durch einen externen Dienstleister durchgeführt werden.

Detaillierte Informationen zu Raumbegasungen können in der Fachinformation der GV-SOLAS „Desinfektion von Tierhaltungsräumen mittels Formaldehyds oder Wasserstoffperoxid“ nachgelesen werden [73].

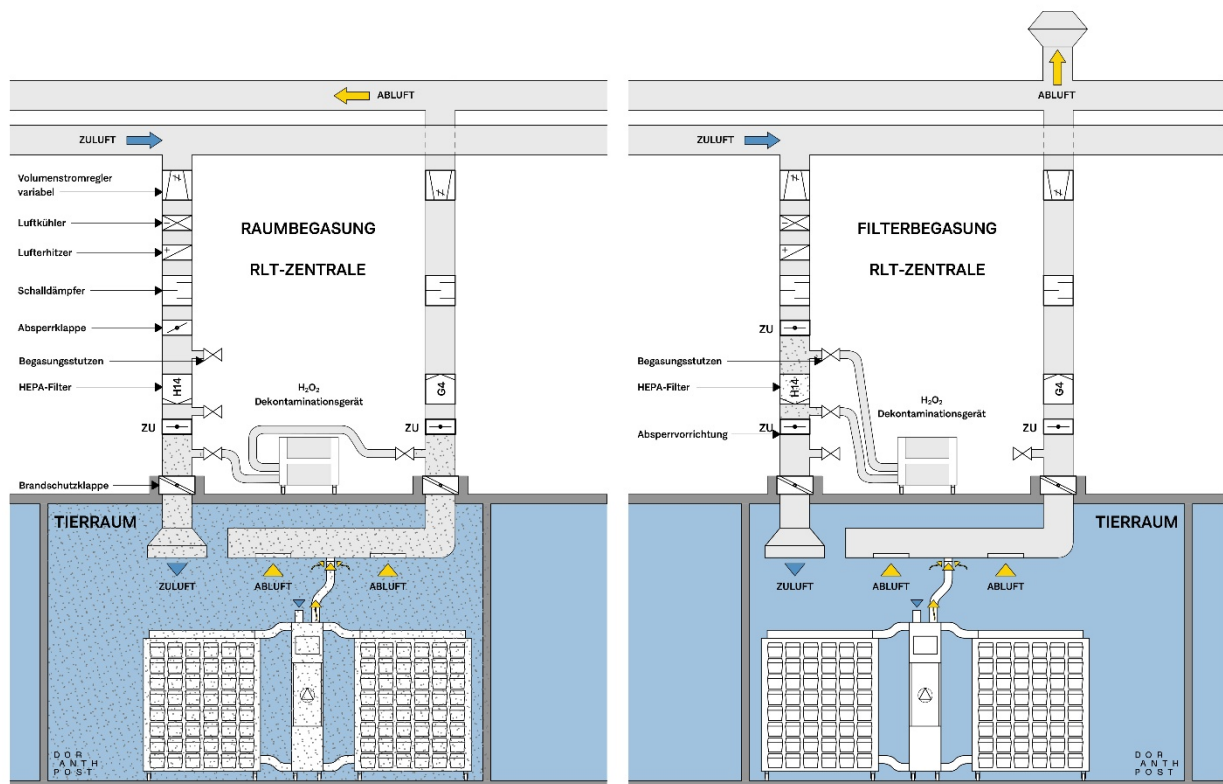


Abbildung 12: Schema Begasungsvarianten

8.7 Trinkwasseraufbereitung

Zur Trinkwasseraufbereitung wird auf die GV-SOLAS Fachinformation „Trinkwasseraufbereitung“ verwiesen [74]. Diese beschreibt Wasserqualitäten, die für die Tränkewasserversorgung der Tiere in Frage kommen können, sowie Verfahren und Lösungen zur Trinkwasseraufbereitung, Aufbereitungsverfahren sowie Formen der Wasserverabreichung, die nachfolgend kurz zusammengefasst sind:

Wasserqualitäten:

- Trinkwasserqualität gemäß Trinkwasserverordnung [75]
- Demineralisiertes, teil- und vollentsalztes Wasser (insbesondere bei automatischen Tränkeversorgungsanlagen mit rezirkulierendem Tränkewasser)
- Keimarmes Wasser (mikrobiologisch reduziert, nicht steril)
- Keimfreies Wasser (steril)

Tränkewasserverabreichung:

Tränkeflaschen

- Befüllung außerhalb der Barriere und anschließendes Autoklavieren der befüllten Tränkeflasche
- Befüllung der leer autoklavierten Tränkeflasche in der Barriere an speziellen Abfüllstationen

Zentrale automatische Tränkeanlage mit rezirkulierendem, kontrollierbaren Tränkewasser für:

- IVC-Haltungs-Systeme
- Offene Käfigsysteme
- Großtierhaltungen

Aus bautechnischer Sicht sind ergänzend folgende Aspekte zu beachten:

- Einhaltung der Trinkwasserverordnung [75] sowie der einschlägigen Normen (insbesondere DIN EN 806-1 [76] und DIN 1988-200 [77]).
- Berücksichtigung des Einflusses von Leitungsmaterial auf die Wasserqualität.
- Desinfizierbarkeit der Wasserleitungen.
- Gesondertes Leitungssystem für Tränkewasserversorgung der Tiere bei zentraler Versorgungsplanung.
- Hohe Versorgungssicherheit, insbesondere bei automatischen Tränkesystemen (gegebenenfalls sind redundante Pumpensysteme erforderlich).

8.8 Wasser / Abwasser

Im Hochhygienebarrierebereich sollten Wasseranschlüsse und -abläufe auf das notwendige Minimum begrenzt werden. Erforderliche Waschbecken sind in Hygiene-Ausführung mit hygienisch sicherer Anbindung an das Abwassersystem auszuführen. In Nagerhaltungsräumen wird auf Bodenabläufe verzichtet, dies hat Auswirkungen auf das Reinigungskonzept und kann die Nutzbarkeit der Räume für andere Tierarten einschränken. Ist ein Bodenablauf erforderlich,

muss er geruchsdicht und tiersicher verschließbar ausgeführt sein, um eine Kontamination aus dem Abwassersystem sowie ein Entweichen von Versuchstieren auszuschließen. Sofern das Hygienekonzept es zulässt, können Abläufe alternativ in den Fluren positioniert werden. Reinigungslösungen werden dann mit Wasserschiebern oder Nass-Saugern aus den Tierhaltungsräumen dorthin befördern.

In Räumen für die aquatische Haltung sind Abwasserabläufe erforderlich, um verschmutztes Restwasser aus Aquarien oder anderen Haltungssystemen abführen zu können. Mit dem örtlichen Entwässerungsunternehmen ist zu klären, ob zusätzliche Rückhalteeinrichtungen für GVO vorgeschrieben sind, beispielsweise engmaschige Siebkorbfilter.

Darüber hinaus sind die örtlichen Bestimmungen zur Abwassereinleitung zu prüfen, insbesondere ob das Abwasser aus Spülanalgen direkt eingeleitet werden darf oder eine Neutralisationsanlage erforderlich ist. Bei der Haltung von Großtieren ist die Entsorgung von Gülle vorab zu klären: Einleitung, Auffangen in Rückhaltetanks oder Aufnahme über Einstreu sind baulich zu berücksichtigen.

Beim Einsatz von Gebläseeinheiten mit integrierter Be- und Entfeuchtung sind die erforderlichen Zu- und Abwasserleitungen bauseitig einzuplanen – etwa für VE- oder RO-Wasser sowie für die Kondensatableitung.

8.9 Elektroinstallation

Offene Kabelführungen und freistehende Geräte innerhalb des Tierhaltungsraums sollten vermieden oder auf ein Minimum reduziert werden. Es sind spritzwassergeschützte und leicht dekontaminierbare Steckdosen sowie Datenanschlusspunkte vorzusehen. Um für Dokumentationszwecke nicht fortlaufend Schreibutensilien in die Tierhaltungsbarriere transportieren zu müssen und den Informationsaustausch im Rahmen der Arbeiten in der Versuchstierhaltung effizient zu gestalten, sind eine IT-Vernetzung der Tierhaltungs- und Laborräume sowie die Nutzung von Computern mit Tierverwaltungssoftware wesentliche Voraussetzungen. Haltungssysteme mit digitaler und sensorgestützter Technologie für das Home-Cage-Monitoring sowie zugehörige Gebläseeinheiten benötigen einen separaten IT-Anschluss. Die zentrale Speicherung und Analyse der Daten (gegebenenfalls auch über Cloudspeicherlösungen) sowie die Überwachung von Geräten und Umgebungsbedingungen in der Tierhaltung kann zusätzlich auf Datenträgern oder in Cloudspeicherlösungen erfolgen.

8.10 Beleuchtung

Abhängig von der zu haltenden Spezies sind die Anforderungen an die Tagesbelichtung bzw. deren Vermeidung zu berücksichtigen. Bei Großtieren kann eine Tagesbelichtung vorgeschrieben sein. In diesem Fall sind die Haltungsräume einschließlich eventuell vorhandenem Auslaufbereich an den Fassaden anzuordnen. Gleichzeitig kann die Sonnenlichteinstrahlung das Raumklima negativ beeinflussen, weshalb vor transparenten Bauteilen ein effizienter, zentral steuerbarer außenliegender Sonnenschutz vorzusehen ist.

Bei einigen Versuchstierspezies, insbesondere Nagern, ist Tageslicht in den Tierhaltungsräumen unerwünscht, da unkontrollierbare Schwankungen der Lichtintensität und Beleuchtungsdauer Zucht und Versuchsergebnisse beeinflussen können. Es wird daher der Einsatz von tageslichtähnlichen Leuchten empfohlen, die so an den Decken anzuordnen sind,

dass eine möglichst gleichmäßige Ausleuchtung des Raumes gewährleistet wird. Die Leuchten sind so auszuwählen, dass die Leuchtmittel durch das Tierpflege- oder Technikpersonal einfach gewechselt werden können. Die Beleuchtungsanlage ist entsprechend den Anforderungen für Feuchträume auszuführen. Hierzu sind spritzwassergeschützte, leicht dekontaminierbare Leuchtengehäuse sowie Feuchtraumsteckdosen und -schalter vorzusehen.

Für Vögel soll während der Dunkelphase die Beleuchtungsstärke 15 Lux betragen. Für Arbeiten in abgedunkelten Räumen ist bei vielen Nagerspezies eine Rotlichtbeleuchtung geeignet, da sie Beobachtungen und Arbeiten ermöglicht, ohne die Tiere durch Lichtreize wesentlich zu stören. Andere Spezies (z.B. Vögel, Hunde, Meerschweinchen) können rotes Licht hingegen wahrnehmen.

Für Versuchstierhaltungen sind Zweikreissysteme für die Beleuchtung vorzusehen. Ein Beleuchtungskreis legt, gesteuert über eine Zeitschaltuhr, die Lichtperiode fest, während der zweite Beleuchtungskreis die Zuschaltung zusätzlicher Leuchten für Arbeitszwecke gestattet, im Sinne einer Arbeitsplatzbeleuchtung.

Für die Arbeitsplatzbeleuchtung ist gemäß Arbeitsstättenrichtlinie [78] in der Regel eine Lichtintensität von 300 bis 500 Lux zu erreichen, gemessen 1 m über dem Boden senkrecht unter dem Beleuchtungskörper. Im Aufenthaltsbereich der Tiere sollte die Beleuchtungsstärke zwischen 130 bis 325 Lux liegen [65]. Dabei ist insbesondere die oberste Käfigebene zu berücksichtigen; gegebenenfalls sind Maßnahmen zur Abschirmung der obersten Käfigreihe vorzusehen. Bei höherer Beleuchtungsstärke ist mit pathologischen Veränderungen der Netzhaut (Retina) sowie einer erhöhten Aktivität endokriner Organe zu rechnen. Für die Beurteilung der Beleuchtungsstärke bei in Käfigen gehaltenen Nagetieren ist maßgeblich, welche Lichtintensität tatsächlich auf Käfigniveau im Aufenthaltsbereich der Tiere vorliegt. Zudem sollte sichergestellt werden, dass die Tiere innerhalb des Käfigs zwischen helleren und dunkleren Bereichen wählen können.

Folgende Aspekte sind hierbei zu berücksichtigen:

- Anordnung der Leuchten im Raum in Bezug auf die Position der Käfiggestelle.
- Position des Käfiggestells im Raum und des Käfigs im Gestell.
- Abmessungen und Eigenschaften des Käfigs (einschließlich Deckel, Filterhaube, Flasche, Futterraufe und Zubehör).
- Eigenschaften des Käfigmaterials, insbesondere dessen Lichtdurchlässigkeit.

Weiterhin ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Verwendung von Überwachungseinrichtungen zur Überprüfung des Tag-Nacht-Rhythmus.
- Vermeiden von Lichteintrag aus benachbarten Räumen oder Fluren.
- Einsatz von Rotlicht für die Dunkelphase beim Betreten des Tierraumes.
- Vorsicht bei Einsatz von Dimmern und elektronischen Vorschaltgeräten wegen des Risikos möglicher Geräuschentwicklung im Sinne von Ultraschallemissionen.

- Einhaltung eines Tageslichtspektrum durch die Leuchtmittel wie z.B. LED. Das Spektrum sollte sich im warm- neutralweißen Bereich zwischen 3000 und 4000 K bewegen, ein zu hoher Blauanteil sollte vermieden werden.

Anmerkung:

Die vorstehenden Ausführungen beziehen sich auf die gängigen Versuchstierspezies, insbesondere Nager. In Sonderfällen sind gegebenenfalls spezielle andere Bedingungen notwendig. Hierzu kann der Anhang A (ETS 123 [39]) hilfreich sein, wo neben allgemeinen Empfehlungen zur Beleuchtung auch tierspezifische Besonderheiten genannt werden.

Sollten innerhalb des Haltungsbereichs Arbeitsräume für den ständigen Aufenthalt vorgesehen werden, wie z.B. Auswerteräume, Laboratorien oder Spülbereiche, so richtet sich die Anforderung nach den Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR 3.4 - Beleuchtung und Sichtverbindung [78]. Neben der Vorgabe von Tageslichtquotienten und der Sichtbeziehung nach außen werden auch Maßnahmen gegen Blendung und die Qualität der künstlichen Belichtung vorgeschrieben. Maßnahmen gegen die Aufheizung der Arbeitsräume gegen übermäßige Sonneneinstrahlung sind in den Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR 3.5 - Raumtemperatur [79] enthalten.

8.11 Geräusche und Lärm

Lärm stellt einen wesentlichen Störfaktor in Tierhaltungs- und Versuchstierbereichen dar. Geräuschbelastungen können das Verhalten, die Physiologie sowie die Versuchsergebnisse der Tiere beeinflussen. Neben dem hörbaren Frequenzbereich des Menschen sind insbesondere auch Ultraschallanteile relevant. Tiere nehmen Geräusche in einem deutlich erweiterten Frequenzbereich wahr und können daher durch Schallquellen beeinflusst werden, die für den Menschen nicht wahrnehmbar sind [80, 81].

Für die Planung und den Betrieb von Tierhaltungsbereichen gelten folgende Grundsätze:

- Tiere nehmen Geräusche auch in für den Menschen nicht hörbaren Frequenzbereichen wahr, insbesondere im Ultraschallbereich [80, 81].
- Konstante Hintergrundgeräuschpegel werden in der Regel toleriert, sofern sie etwa 60 dB(A) nicht überschreiten.
- Plötzlich auftretende Geräusche stellen eine erhebliche Belastung dar und sind zu vermeiden (z. B. akustische Alarmierungen).
- Die Eigenaktivität der Tiere führt zu artspezifischen Geräuschpegeln, die je nach Tierart zwischen ca. 40–50 dB(A) (z. B. Mäuse, Ratten) und über 80 dB(A) (z. B. Hunde, Schweine, Ziegen, nichtmenschliche Primaten) liegen können.
- Für Versuchstiere existieren in der Regel keine verbindlichen Grenzwerte für Geräuschpegel, daher gilt das Minimierungsprinzip.

Folgende technische und bauliche Anforderungen sind zu beachten:

Raum- und Anlagentechnik:

- Die Schalldruckpegel in Tierhaltungsräumen sind so niedrig wie technisch und betrieblich möglich zu halten.
- Von besonderer Bedeutung sind raumluftechnische Anlagen, da diese eine kontinuierliche Geräuschquelle darstellen und den akustischen Grundpegel über 24 Stunden pro Tag und 365 Tage im Jahr bestimmen. Weitere technische Geräte und betriebliche Abläufe addieren sich zu diesem Grundpegel.
- Als technischer Zielwert wird für die Abnahme von Lüftungsanlagen im leeren Tierhaltungsraum ein Schalldruckpegel von ca. 45 dB(A) empfohlen. Die Messung erfolgt im unmöblierten Raum ohne bewegliche Ausstattung und bei laufender Klimaanlage.
- Geringfügige Abweichungen von diesem Zielwert sind zulässig, sofern keine kurzzeitigen Pegelspitzen vorliegen.
- Bei Einsatz von Gebläseeinheiten mit Luftbefeuchtung auf Ultraschallbasis ist sicherzustellen, dass im Bereich der Tierhaltung keine relevanten Ultraschallemissionen auftreten. Entsprechende Nachweise sind vom Hersteller zu erbringen.

Bauliche Entkopplung und Raumplanung:

- Zur Reduktion von Schallübertragungen ist eine konsequente schalltechnische Entkopplung aller technischen Anlagen vom Baukörper vorzusehen.
- Insbesondere werden eine räumliche Trennung von lärmintensiven Nebenbereichen (z. B. Spülküchen), die Auslagerung von Aggregaten (z. B. Vakuumpumpen) in Technikgeschosse sowie die Minimierung von Körperschallübertragungen durch geeignete Bau- und Installationsmaßnahmen empfohlen.

Betrieb und Ausstattung:

- Vermeidung von Bodenfugen und Schwellen zur Reduktion von Transportgeräuschen
- Einsatz geräuschkämpfender Materialien in Ausstattung und Technik
- Verzicht auf akustische Alarmsysteme in Tierhaltungsräumen (stattdessen optische Alarmierungssysteme)
- Vermeidung von Ultraschallemissionen durch technische Geräte

Messung und Überwachung von Schallpegeln:

- Für die Erfassung von Schalldruckpegeln sind geeignete, geeichte und frequenzbewertete Messgeräte zu verwenden.
- Messungen sind so durchzuführen, dass verfälschte Werte vermieden werden (z. B. keine Messung unmittelbar unterhalb von Lüftungsauslässen).

Hintergrundbeschallung:

- Der Einsatz von Hintergrundbeschallung (z. B. leise Musik) kann im Einzelfall als Maskierung spontaner Geräusche oder als Enrichment dienen, kann jedoch auch einen Störfaktor darstellen. Die Bewertung ist abhängig von folgenden Faktoren: Tierart, Nutzung (Zucht oder Experiment) und akustischer Umgebung.
- Eine eventuelle Hintergrundbeschallung sollte raumweise steuerbar sein (Ein-/Ausschaltung, Lautstärke, Klanggestaltung).

Bauliche Einschränkungen und Sanierungen:

- Die hohe Sensibilität von Versuchstieren gegenüber Schall und Schwingungen schränkt Bau-, Installations- und Sanierungsarbeiten bei in Betrieb befindlichen Tierhaltungsgebäuden erheblich ein.
- Es ist daher zu berücksichtigen, dass mechanische Bauarbeiten (z. B. Bohren, Stemmen) erhebliche Störungen verursachen können, diese sich im Gebäude weit übertragen können, laufende tierexperimentelle Studien dadurch beeinträchtigt werden können.
- Bei Sanierungen ist daher in der Regel von der Notwendigkeit einer temporären Auslagerung der Tierhaltung auszugehen. Geeignete Interimslösungen (z. B. Modulbauten oder Ausweichflächen) sind vorzusehen.

Tierartspezifische Anforderungen (insbesondere Nagetiere):

Hörvermögen und Ultraschallwahrnehmung:

- Nagetiere sind besonders empfindlich gegenüber Ultraschall. Sie nehmen Schall im Frequenzbereich von etwa 500 Hz bis 120 kHz wahr und verfügen damit über einen deutlich erweiterten Hörbereich im Vergleich zum Menschen (ca. 20 Hz bis 20 kHz).
- Sensitivitätsmaxima liegen typischerweise im Bereich von 15–20 kHz sowie um 50 kHz.

Kommunikation und Verhaltensrelevanz:

- Mäuse und Ratten kommunizieren auch im Ultraschallbereich, insbesondere während sozialer Interaktionen sowie in Stress- und Angstsituationen.
- Ultraschallemissionen aus technischen Anlagen (z. B. Lüftungssysteme, elektronische Geräte) können diese Kommunikation beeinträchtigen.

Akustische Belastungen im Betrieb:

- Während des Betriebs können in Tierhaltungsräumen erhebliche Schalldruckpegel auftreten, die sich aus Tieraktivität, Technik und Arbeitsprozessen zusammensetzen.
- Ultraschallquellen und plötzlich auftretende Geräusche sind daher konsequent zu vermeiden. Dies umfasst insbesondere: technische Geräte mit potenziellen Ultraschallemissionen, Ultraschallreinigungsgeräte (nicht zulässig im Tierhaltungsbereich) und weitere ungeprüfte elektronische Komponenten.
- Tieffrequente Geräusche unterhalb von ca. 500 Hz werden von Mäusen in der Regel nicht wahrgenommen.
- Negative Effekte moderater Hintergrundmusik sind nach aktuellem Kenntnisstand nicht eindeutig belegt. Eine Bewertung hat jedoch im Einzelfall zu erfolgen.

8.12 Schleuseneinrichtungen

Je nach Hygieneanforderungen des Tierhaltungsbereichs sind die Schleuseneinrichtungen für Personal, Tier und Material festzulegen. Bei der Auslegung sind neben dem regulären Betrieb auch Störfälle zu berücksichtigen, insbesondere der Ausfall der einzelnen Schleusen. Hierfür sind Reaktionspläne zu erstellen, die Redundanzen, zuständiges Wartungs- und Reparaturpersonal sowie deren Reaktionszeiten benennen. Darüber hinaus ist die Lagerung eines ausreichendem Materialvorrats hinter der Barriere einzuplanen, um Versorgungsunterbrechungen für einen definierten Zeitraum überbrücken zu können. Die dafür erforderlichen Lagerkapazitäten sind in der Planung vorzusehen. Nachfolgend sind die unterschiedlichen Schleusentypen beschrieben:

Sterilisatoren

Sterilisation bezeichnet das Abtöten oder die irreversible Inaktivierung aller Keime und bietet damit einen zuverlässigen Schutz vor Viren, Bakterien und anderen Infektionserregern. Sie ist das Mittel der Wahl, wenn ein hohes Hygieneniveau erforderlich ist.

Es werden zwei Grundprinzipien unterschieden: Sterilisatoren in einer Immissionsbarriere schützen vor dem Einbringen unerwünschter Keime in den Haltungsbereich (Immissionsschutz). Sterilisatoren in einer Emissionsbarriere schützen die Umgebung vor pathogenen Keimen (Emissionsschutz) aus dem Tierlabor und der Tierhaltung. Die Sterilisationsverfahren lassen sich nach physikalischen Methoden (z.B. feuchte und trockene Hitze) und chemischen Methoden (z.B. Formaldehyd, H_2O_2) unterscheiden. Die verbreitetste Form sind Dampfsterilisatoren (=Autoklaven), die mit gesättigtem Wasserdampf als Träger feuchter Hitze arbeiten.

Neben Dampfsterilisatoren können je nach Anforderung auch andere Materialschleusen eingesetzt werden, wie etwa Heißluftsterilisatoren. Sie arbeiten mit trockener Hitze bei Temperaturen von bis zu 160 °C und sind im Vergleich zu Dampfsterilisatoren in Anschaffung, Betrieb und Wartung potenziell kostengünstiger.

Allerdings sind die Einschränkungen dieser Technologie in der Planung zu berücksichtigen: Heißluft ist für infektiöse Güter, poröse Materialien und Flüssigkeiten nicht geeignet, da diese nicht effektiv thermisch inaktiviert werden können. Zudem führen die höheren Prozesstemperaturen und deutlich längeren Verfahrenszeiten zu einer erhöhten Materialbelastung, die die Eignung von Kunststoffen einschränkt. Der für Dampfsterilisatoren benötigte Reindampf kann elektrisch oder – üblicher – mit fossiler Energie erzeugt werden.

Autoklaven bieten gegenüber anderen Sterilisationsverfahren den entscheidenden Vorteil, dass durch spezielle Programmgestaltung ein mehrfacher Wechsel von Vakuum und Dampf möglich ist. Dadurch dringt der Dampf auch in poröse Güter ein und entfaltet seine Wirkung nicht nur an der Oberfläche, sondern im gesamten Material. Zur Wirksamkeitskontrolle sind entweder direkte Prüfmethode (z.B. Sporentests) vorzusehen, oder – was heute üblich ist – validierte Programme, die reproduzierbaren Nachweis des geforderten Sterilisationsprozesses sicherstellen.

Die Futtersterilisation stellt besonders hohe Anforderungen an Autoklav und das



Sterilisationsprogramm: es gilt, einerseits ausreichend Hitze zur Keimabtötung einzubringen, andererseits eine thermische Schädigung der Futterinhaltsstoffe so weit wie möglich zu begrenzen.

Für die Auslegung der Sterilisation ist eine sorgfältige Kapazitätsplanung erforderlich, bei der Art und Umfang des Sterilguts, die Programmlaufzeiten sowie die Arbeitszeiten des Personals und Geräten zu berücksichtigen sind.

Besondere bauliche Anforderungen ergeben sich durch:

- das Gewicht der Geräte, insbesondere der Autoklaven (Statik des Gebäudes), hierbei ist auch die vorgeschriebene „Festigkeitsprüfung“ (in der Regel mit Füllung der Kammer mit Wasser), die alle 10 Jahre durchzuführen ist, zu berücksichtigen,
- bei bodeneben befahrenen Autoklaven die Notwendigkeit einer Bodengrube,
- die Abmessungen der in der Regel unteilbaren Autoklavenkammer (Einbring- und Ausbringewege sind frühzeitig zu planen).

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass Wartungsarbeiten soweit möglich von der unreinen Seite aus durchgeführt werden sollten.

Desinfektionsschleusen/Desinfektionskammern

Unter Desinfektion versteht man Verfahren, bei denen Keime so weit reduziert werden, dass eine Infektion oder Übertragung ausgeschlossen werden kann. Sie kommt zum Einsatz, wenn eine Sterilisation nicht notwendig oder nicht möglich ist.

Desinfektionsmittel können ein breites Wirkungsspektrum aufweisen. In Desinfektionskammern versprüht, eignen sie sich gut zur Oberflächendesinfektion temperaturempfindlicher Materialien. Entscheidend ist dabei, dass die gesamte Oberfläche der Güter ausreichend lange mit dem Desinfektionsmittel in der richtigen Konzentration in Kontakt steht. Im Gegensatz zum Autoklavieren werden der Inhalt von Behältnissen (z.B. Säcken oder Kartons) sowie das Innere poröser Güter nicht erfasst.

Desinfektionskammern eignen sich zum Einschleusen von Gütern, die entweder unter sterilen Bedingungen hergestellt und üblicherweise in doppelter Verpackung eingeschleust oder in ihrer keimdichten Verpackung sterilisiert wurden, z.B. mittels Gammabestrahlung. Bei allen zweitürigen Desinfektionsschleusen sollte durch technische Vorkehrungen sichergestellt sein, dass die Tür zum reinen Bereich nur nach ordnungsgemäßem Ablauf des Sterilisations- bzw. Desinfektionsprogramms und nur bei verriegelter gegenüberliegender Tür geöffnet werden kann.

Die einsetzbaren chemischen Wirkstoffe, liegen je nach Verfahren als primär gasförmige Stoffe, durch Verdampfung erzeugte Dämpfe, Aerosole oder Sprühnebel vor. Alle Wirkstoffe sind als Gefahrstoffe eingestuft. Der Umgang mit ihnen hat streng den geltenden technischen Regelwerken, gesetzlichen Vorgaben und herstellerauf spezifischen Sicherheitsvorschriften (siehe Sicherheitsdatenblätter) zu entsprechen.

Zu den verschiedenen Wirkstoffen ist anzumerken:

- Formaldehyd weist eine ausgezeichnete mikrobiozide und sporozide Wirkung auf. Aufgrund seiner potenziell krebserzeugenden Wirkung und Toxizität sind besondere Sicherheitsvorschriften zu beachten.
- Peressigsäure (PES) ist in nicht-stabilisierter Form nur begrenzt haltbar. Höher konzentrierte PES ist entzündlich und äußerst korrosiv. Konzentrierte PES verursacht bei Hautkontakt schwere Verätzungen und gilt als potenziell krebserzeugend. Die mikrobiozide Wirkung ist ausgezeichnet. Zur Bekämpfung parasitärer Dauerformen ist PES nicht geeignet.
- Wasserstoffperoxid (H_2O_2) bietet als Begasungsmittel eine umweltfreundliche, rückstands-freie Methode zur Dekontamination – der Wirkstoff zerfällt zu Wasser und Sauerstoff. Das Verfahren ist schnell, reproduzierbar und validierbar. Konzentrierte (H_2O_2)-Lösung verursacht Verätzungen; bei Kontakt mit brennbaren Stoffen besteht Brandgefahr. Bestimmte Materialien wie Naturgummi, Zellulose, PVC, Polyethylen und Nylon sind nicht beständig.
- Mit verdampftem oder vernebeltem H_2O_2 können Oberflächen in IVC-Regalen, elektrischen Geräten, Sicherheitswerkbänken, Produktionsanlagen und Isolatoren inklusive der dar/-in befindlichen Materialien desinfiziert werden. Für poröse Güter ist das Verfahren nicht geeignet.
Die eingesetzten Begasungskammern entsprechen dem Prinzip zweitüriger Desinfektionsschleusen (siehe oben). Sie sind entweder für den Anschluss externer fahrbarer H_2O_2 -Generatoren ausgelegt oder mit fest integrierten Generatoren ausgestattet. Letztere sind auch mit einem integriertem H_2O_2 -Katalysator erhältlich, der eine hausseitige, wasserstoffperoxidbeständige Abluftleitung überflüssig macht.

UV-Strahlung kann ergänzend zur Desinfektion von Luft und freiliegenden Oberflächen eingesetzt werden. UV-C-Strahlung im Wellenlängenbereich von 200–280 nm schädigt die DNA von Mikroorganismen irreversibel und verhindert so deren Vermehrung. Die mikrobiozide Wirkung ist bei direkter Bestrahlung gut; eine sporozide Wirkung ist hingegen nur eingeschränkt vorhanden. Im Gegensatz zum Autoklavieren oder zur chemischen Begasung werden abgeschattete Bereiche, verschmutzte oder poröse Oberflächen nicht erfasst.

Eine Sterilisation im technischen Sinne wird mit UV-Strahlung nicht erreicht; das Verfahren ist daher als ergänzende Maßnahme zu verstehen, nicht als Ersatz für Autoklav oder Begasungsverfahren.

Einsatzbereiche sind die Desinfektion von Schleusenkammern, Sicherheitswerkbänken und Raumluft, z. B. über in Lüftungskanäle integrierte UV-Strahler. Da UV-C-Strahlung bei direktem Kontakt Schäden an Haut und Augen verursacht, darf der Betrieb konventioneller UV-C-Systeme ausschließlich bei abwesendem Personal erfolgen. Entsprechende Verriegelungen und Warneinrichtungen sind vorzusehen.

Eine neuere Entwicklung stellen Far-UVC-Strahler im Wellenlängenbereich um 222 nm dar, die auf Krypton-Chlorid-Excimerlampen basieren. Der entscheidende Unterschied zu

konventionellem UV-C-Strahlern, ist, dass die Strahlung bei 222 nm von Proteinen der äußeren Haut- und Augenschichten so stark absorbiert wird, dass sie nicht bis zu den lebenden Zellen darunter vordringt. Die biologische Eindringtiefe ist damit geringer. Somit ist das Verfahren in den begrenzten Expositionsgrenzwerten auch bei anwesendem Personal einsetzbar. Mögliche Einsatzformen im Tierhaltungsbereich umfassen in Decken oder Lüftungsanlagen integrierte UV-C-Strahler zur kontinuierlichen Luftdesinfektion, Desinfektionskabinen zur Behandlung von vollständig gekleideten Personen beim Einschleusen sowie Materialschleusen zur Oberflächenbehandlung von Gütern. Der Einsatz dieser Technologie in der Versuchstierhaltung ist jedoch noch nicht standardisiert und bedarf einer sorgfältigen Risikobeurteilung einschließlich der Berücksichtigung geltender Expositionsgrenzwerte.

Personenschleusen

Für die Ausstattung von Personenschleusen gibt es eine Vielzahl baulicher und gerätetechnischer Möglichkeiten. Art und Ausbildung der Schleuse richten sich nach den hygienischen und betrieblichen Anforderungen, die im Vorfeld durch eine Risikobewertung festzulegen sind. In Tierhaltungsbereichen ohne erhöhten Hygienestatus kann eine „Ein-Kammerschleuse mit gegenseitig verriegelten Türen, Ablagemöglichkeiten für den Kleidungs- und Schuhwechsel sowie mit einem Sit-over ausreichend sein. In Hochhygienehaltungen sind Mehrkammerschleusen die Regel.

Grundsätzlich werden zwei Varianten unterschieden:

Variante 1: In der 1. Kammer (unreine Seite) wird die Oberbekleidung abgelegt. Über einen Sit-over erfolgt der Übertritt in die 2. Kammer (reine Seite), in der die Bereichskleidung – je nach Anforderung steril oder keimarm – sowie weitere persönliche Schutzausrüstung (PSA) angelegt wird. Anschließend wird die 3. Kammer betreten: eine Luftdusche, in der die Person für einen definierten Zeitraum über Luftdüsen abgeblasen wird. Die zuströmende Luft wird im Umluftprinzip über HEPA-Filter geführt, wodurch Partikel von der Kleidungs Oberfläche abgelöst werden.

Variante 2: In der 1. Kammer (unreine Seite) wird die Oberbekleidung abgelegt, der Übertritt in die Luftdusche (2. Kammer) erfolgt in Unterwäsche. Erst in der 3. Kammer (reine Seite) wird die sterile Bereichskleidung sowie weitere PSA angelegt, bevor der Barrierebereich betreten wird. Bei besonderen Anforderungen können zusätzlich Nassduschkabinen vorgesehen werden (Prinzip analog Variante 2). Aufgrund der erheblichen Belastung für das Personal werden sie heute jedoch nur noch in Ausnahmefällen realisiert.

Tierübergabeschleusen

Das Ein- und Ausschleusen von Tieren muss frühzeitig im Planungsprozess festgelegt werden, da je nach Verfahren ein gesonderter Raum erforderlich sein kann. Die Tierübergabe in den Tierhaltungsbereich kann in verschiedenen Ausbaustufen erfolgen:

- Einfache Materialschleuse, die mit einem Transportwagen durchfahren wird
- Durchreicheschleuse mit einer Tür oder zwei gegeneinander verriegelten Türen und eigener Belüftung des Schleusenraumes (Luftbarriere), optional ergänzt um eine Nass-Desinfektionsfunktion

- Durchreischleuse mit integrierter oder ohne Desinfektionsfunktion, mit der Möglichkeit auf einer oder beiden Seiten eine mikrobiologische Sicherheitswerkbank (MSW) anzuschließen.

Die Wahl der Ausbaustufe richtet sich nach dem erforderlichen Hygienestatus des jeweiligen Haltungsbereichs und ist im Rahmen der Risikobewertung festzulegen.

8.13 Spezielle technische Fragen

- Ausreichende Lagerkapazität (auch innerhalb von Barrieren) für ca. 30 % des für die Routineversorgung benötigten Materials (Käfigschalen, Deckel, Flaschen etc.).
- Ausreichend breite Flure, abgestimmt auf die eingesetzten Ausrüstungsgegenstände und abgestimmt an Bestimmungen des Brandschutzes, mindestens jedoch 2 m.
- Laderampen für die Materialanlieferung.
- Ausreichende Dimensionierung der Aufzüge (Kabinenmaße und Traglasten).
- Trennung der Transportwege für reine und unreine Materialien, soweit möglich.
- Empfohlene Schleusen:
 - Autoklav, bodeneben befahrbar (nutzbare Kammergröße HxBxT idealerweise ca. 2100x1300x1600 mm). – siehe Veröffentlichungen des AK KAB
 - Materialschleuse für thermolabile Güter (bodeneben, HxBxT idealerweise nutzbar ca. 2100x1300x1600 mm), ggf. begasungsfähig.
 - Materialschleuse für thermolabile Güter (Beschickungstiefe ca. 800 mm, HxBxT idealerweise ca. 800x600x900 mm).
 - Personenschleusen, als Luft- und/oder Wasserdusche, vorzugsweise als Dreikammerschleuse.
 - Tierübergabeschleuse, bei Bedarf kombiniert mit einer der Materialschleusen (s.o.).
- Sprinkleranlagen sind, insbesondere hinter der Barriere, zu vermeiden und durch funktional gleichwertige Einrichtungen zu ersetzen. Die Gründe liegen in hygienischen Anforderungen sowie im Risiko von Fehlauflösungen.
- Brandmeldeanlagen sind so zu konzipieren, dass der Schutz des Personals gewährleistet ist und Wartungsarbeiten in Tierhaltungsräumen möglichst entfallen. Die Melder sind staubunempfindlich ausulegen (z.B. photooptischer Rauchmelder im Abluftkanal hinter Filter oder thermischer Brandmelder). Soweit zulässig, sollte bei der Alarmgestaltung auch die Lärmempfindlichkeit der Versuchstiere berücksichtigt werden. Tierbehandlungsräume sowie die dar-/in gewünschten Funktionalitäten sind bereits in der Planungsphase mit den Nutzenden abzustimmen. Größe, Anzahl und Lage hängen von den individuellen Gegebenheiten ab.

8.14 Energieeinsatz

Versuchstierhaltungen haben aufgrund ihrer spezifischen Anforderungen an Hygiene und Haltungsparemeter einen hohen Prozessenergiebedarf. In der Planung sollte daher ein Fokus auf Energieeinsparung bei gleichzeitiger Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben gelegt werden. Ansätze hierfür sind:

- Reduzierung der zu konditionierenden Flächen, Anzahl und Größe der Tierhaltungsräume nur für den tatsächlichen Bedarf festlegen
- Reduzierung der Luftwechselraten in den Tierhaltungsräumen durch realistische Kühllastberechnung sowie den Einsatz von in sich belüfteten oder konditionierten Haltungssystemen, wo dies möglich ist
- Reduzierung der Käfigwechselfrequenz – etwa durch bedarfsgerechten Wechsel, organisatorische Maßnahmen oder digitale, sensorgestützte Systeme zur Messung des Verschmutzungsgrades - und damit der Zahl aufzubereitender Käfige
- Einsatz energieeffizienter Geräte mit hoher Beladekapazität, insbesondere bei Reinigungsanlagen
- Auslegung der raumluftechnischen Anlagen auf niedrigere Luftgeschwindigkeiten
- Einsatz zentraler Dampfversorgung für Autoklaven sowie Reinigungs- und Klimaanlage; dezentrale elektrische Dampfbereitung verursacht demgegenüber deutlich höhere Betriebskosten

Da Versuchstierhaltungsgebäude aufgrund ihrer internen Wärmelasten (Tiere, Geräte, Beleuchtung) typischerweise einen Wärmeüberschuss produzieren, ist eine hochdämmende Gebäudehülle nach Effizienzhaus-Standard in der Regel nicht vorrangig.

Die erforderliche hohe Versorgungssicherheit – insbesondere für raumluftechnische Anlagen und Gebläseeinheiten, lässt sich nur durch separate, redundante Anschlüsse mit Reservekapazität und Notstromversorgung gewährleisten. Eine Vernetzung mit anderen Abnehmern ist nicht empfehlenswert. Beim Einsatz von IVC-Haltungssystemen ist zudem in Abhängigkeit vom Belüftungskonzept (zentral oder dezentral) und vom Käfigsystem (z.B. mit oder ohne Rettungsfilter) zu prüfen, ob eine redundante Stromversorgung erforderlich ist.

8.15 Hinweise zu Kapazitäts- und Investitionskosten-Planungen

Tierhaltungsgebäude sind Sonderbauten, deren Ausführung stark von individuellen Faktoren bestimmt wird: Standort, Forschungsschwerpunkte, eingesetzten Spezies, vorhandene Infrastruktur sowie lokale Bestimmungen und Auflagen variieren von Projekt zu Projekt erheblich. Die Investitionskosten solcher Gebäude können daher in weitem Umfang voneinander abweichen. Allgemeingültige Kennwerte zu Kapazitäts- und Investitionskosten lassen sich nicht ableiten. Hinsichtlich Betriebskosten wird auf Kapitel Kosten, Leistungsarten und betriebswirtschaftliche Steuerung verwiesen.



9. EDV-Dokumentationssystem für die Versuchstierhaltung

9.1 Dokumentation technischer Prozesse in der Tierhaltung

Beim Betrieb von Tierhaltungen ist die Dokumentation technischer Prozesse erforderlich. Sie betrifft sowohl die technischen Einrichtungen, z.B. Autoklaven, Desinfektionsschleusen und Reinigungsanlagen, als auch die laufende Erfassung technischer Parameter wie Temperatur und relative Feuchte in Tierhaltungs- und Funktionsräumen. Zur kontinuierlichen Erfassung dieser Parameter können IVC-Gebläseeinheiten beitragen, die Temperatur und Feuchte in der zurückströmenden Abluft dauerhaft messen und die Messwerte in einem datenbank- oder cloudgestütztem System ablegen - für den behördlichen Nachweis ebenso für spätere Auswertungen.

9.2 Dokumentation für ein Tierhausmanagement

Züchter/-innen, Halter/-innen und experimentelle Nutzer/-innen von Versuchstieren sind nach Tierschutz- und Gentechnikgesetzgebung zu einer umfangreichen Dokumentation verpflichtet.

Diese beinhaltet unter anderem:

- Genehmigungsanträge bzw. Anmeldungen zu Tierhaltungen und zum Betreiben gentechnischer Anlagen,
- Spezifikation von Räumen und Haltungssystemen,
- Aufzeichnungen über genetisch veränderte Tierlinien und Belastungsbeurteilungen,
- Tiereingänge und Projektzuordnungen,
- Genehmigungsanträge für Tierversuche,
- Eingriffe und Behandlungen bei Versuchstieren,
- Meldung über Zahl und Art der verwendeten Versuchstiere.

Um die vielfältigen Anforderungen bei unterschiedlichen Einrichtungen Tierstämmen und Tiermodellen vollständig und korrekt zu erfüllen, werden zunehmend elektronische Dokumentationssysteme eingesetzt.

Bei der Auswahl einzelner Softwarelösungen sind die unterschiedlichen Anforderungen aus Tierschutz, Forschung und technischem Betrieb sorgfältig abzuwägen. In der Regel führt dies zur Etablierung von zwei getrennten Systemen: eines für Tierschutz und Forschung sowie eins für die Gebäudeleittechnik.

Ab einer Einrichtungsgröße, bei der manuelle Dokumentation nicht mehr wirtschaftlich vertretbar ist, ist der Einsatz geeigneter Software nicht nur logistisch sinnvoll, sondern auch betriebswirtschaftlich geboten. Die Möglichkeit zur Teilautomatisierung und die damit lückenlose Überwachung führen in den meisten Fällen zu einer Reduktion personalintensiver Vorgänge und zu einer messbaren Qualitätsverbesserung in Technik und Tierschutz.

9.3 Zweck und Anwendung dieses Kriterienkatalogs

Dieser Anforderungskatalog definiert generelle Kriterien zur Auswahl und Bewertung von EDV-gestützten Dokumentations- und Managementsystemen für Versuchstierkundliche Einrichtungen. Er dient als fachliche Grundlage für die Auswahl und Ausschreibung,

Herstellervergleiche und die Erstellung einer institutionsspezifischen User Requirements Specification.

Die Kriterien orientieren sich an den gesetzlichen Anforderungen der RL 2010/63/EU [1], des TierSchG [2] und der TierSchVersV [3] sowie an anerkannten Standards der Systemvalidierung, wie den GAMP 5 Guidelines [82] und den Vorgaben zur Einhaltung des Datenschutzes, gemäß DSGVO [83].

Hinweis: Dieser Katalog benennt bewusst keine Produktnamen. Er ist als Bewertungsraster konzipiert, mit dem am Markt verfügbare Systeme unabhängig von Hersteller und Bezeichnung strukturiert verglichen werden können.

9.4 Rechtliche Mindestanforderungen an das System

Ein Tierhausmanagementsystem muss die Dokumentationspflichten auf allen drei relevanten Rechtsebenen abdecken und deren Anforderungen widerspruchsfrei umsetzen können:

Tabelle 22: Rechtsgrundlagen der Dokumentation für ein Tierhausmanagementsystem

Rechtsebene	Systemrelevante Kernanforderung
Richtlinie 2010/63/EU [1]	Abbildung von Genehmigungsworkflow, nicht-technischem Projektbericht (NTP), Jahresstatistik nach EU-Kategorien, Haltungsstandards (Anhang III), 3R-Dokumentation
TierSchG [2]	Bestandsregister, Genehmigungs- und Anzeigeverfahren, Nachweis Sachkunde, Tierschutzbeauftragten-Dokumentation
TierSchVersV [3]	Versuchsprotokolle, Schweregradbewertung je Tier/Eingriff, Euthanasieprotokoll, Gesundheitsmonitoring, jährliche Meldepflicht
DSGVO [83]	Datenschutz personenbezogener Daten (Personal, ggf. Antragsteller/-in, Forscher/-in), Löschkonzept, Zugriffsprotokollierung

9.5 Technische Systemkriterien

Die folgenden technischen Kriterien sind bei jedem in Betracht gezogenen System zu prüfen und im Rahmen eines strukturierten Anbietervergleichs zu bewerten.

9.5.1 Datenintegrität und Nachvollziehbarkeit

- Vollständiger, manipulationssicherer Audit Trail für alle Erfassungen, Änderungen und Löschungen (Zeitstempel, Benutzerkennung, Änderungsgrund)
- Automatisches Setzen von Zeitstempeln bei Protokolleinträgen, ohne nachträgliche, freie Datierung
- Eindeutige, dauerhafte Verknüpfung zwischen Tier-ID, Versuchsvorhaben und Genehmigung über den gesamten Lebenszyklus
- Unveränderbarkeit abgeschlossener Datensätze; Korrekturen nur durch nachvollziehbare Folgeeinträge (keine Überschreibung)

9.5.2 Zugriffs- und Rechteverwaltung

- Rollenbasiertes Berechtigungskonzept mit differenzierten Rechten je Funktion (Tierpflege, Wissenschaftler/innen, Tierärzte/-innen, Tierschutzbeauftragte, Administration)
- Möglichkeit eines eingeschränkten Zugriffs (nur Leserecht) für Behördenvertreter/-innen im Rahmen von Inspektionen
- Dokumentierte, mindestens jährliche Überprüfung und Protokollierung der vergebenen Berechtigungen
- Zwei-Faktor-Authentifizierung oder gleichwertiges Sicherheitsniveau für administrative Zugriffe

9.5.3 Verfügbarkeit, Datensicherung und Notfallkonzept

- Regelmäßige, mindestens tägliche Datensicherung mit georedundanter oder gleichwertig abgesicherter Speicherung
- Dokumentiertes Wiederherstellungsverfahren mit definierter maximaler Ausfallzeit
- Definiertes Notfallverfahren für den Fall eines Systemausfalls, wie Notfall-SOPs, die eine lückenlose Dokumentation auch bei Ausfall sicherstellen
- Angemessene Verfügbarkeit im Jahresmittel sowie akzeptable Antwortzeiten bei Standardabfragen

9.5.4 Validierbarkeit

- Möglichkeit der Systemvalidierung nach GAMP 5 [82] oder einem vergleichbar anerkannten Standard (Installation Qualification, Operational Qualification, Performance Qualification)
- Dokumentiertes Change-Control-Verfahren für Software-Updates und Konfigurationsänderungen
- Nachvollziehbare Versionshistorie der Software und der institutsspezifischen Konfiguration

Hinweis: Eine formale GAMP-5-Validierung [82] ist nur zwingend erforderlich, wenn die Einrichtung nach GMP- oder GLP-Grundsätzen arbeitet. Für rein akademische Tierhaltungen ohne diese Anforderung kann ein vereinfachtes, risikobasiertes Qualifizierungsverfahren ausreichend sein, was einrichtungsspezifisch festzulegen ist.

9.5.5 Elektronische Signatur

- Unterstützung elektronischer Signaturen für veterinärmedizinische und wissenschaftliche Freigaben
- Eindeutige Zuordnung der Signatur zu einer Person mit Nachweis der Autorisierung
- elektronische Identifizierungen, welche eIDAS-Verordnungs-konform [84] sind oder ein vergleichbares Sicherheitsniveau aufweisen, sofern für den Einsatzzweck rechtlich gefordert.

9.5.6 Datenexport und Berichtswesen

- Standardisierte Exportformate, wie strukturierte Tabellenformate oder PDFs für Behördenmeldungen und externe Audits
- Automatisierte oder weitgehend automatisierte Generierung der gesetzlich vorgeschriebenen Jahresstatistik
- Anbindungsfähigkeit an nationale und europäische Meldeportale bzw. strukturierte Übernahme der dort geforderten Datenkategorien
- Echtzeit-Dashboards oder vergleichbare Auswertungsfunktionen für Tierzahlen, Auslastung und offene Fristen

9.5.7 Datenschutz

- DSGVO-konforme Verarbeitung personenbezogener Daten (Personal, ggf. Antragsteller/-innen, Forscher/-innen) [83]
- Pseudonymisierung personenbezogener Daten, soweit fachlich möglich
- Technisch unterstütztes Löschkonzept nach Ablauf der jeweils einschlägigen gesetzlichen Aufbewahrungsfrist oder auf Antrag einer natürlichen Person gemäß DSGVO [83]

9.6 Funktionale Anforderungen

9.6.1 Erforderliche Kernmodule

Ein geeignetes System sollte die folgenden Funktionsbereiche integriert und ohne Medienbrüche abdecken. Die Verfügbarkeit und Ausgestaltung dieser Module ist ein zentrales Bewertungskriterium im Anbietervergleich.

Tabelle 23: Funktionelle Anforderungen an ein Tierhausmanagementsystem

Modul	Erforderliche Kernfunktionen
Tierversuchsantrag & Genehmigung	Workflow-gestützte Antragsverwaltung, Statusverfolgung, Fristenmanagement, Verknüpfung mit Bewilligungsbescheiden
Tierbestand	Individuelles und gruppenbasiertes Bestandsregister, vollständige Abstammungs- und Bewegungshistorie, Zucht- und Verpaarungsdokumentation
Versuch	Versuchsprotokoll mit Schweregradbewertung je Tier und Eingriff, Endpunktdokumentation, Verlinkung zur Genehmigung
Tiergesundheit	Integriertes Krankenblatt, Medikamentenerfassung, Impf-, und Behandlungsplan, Gesundheitsmonitoring-Protokolle
Haltung & Umwelt	Raum- und Käfigverwaltung, Anbindung an Umgebungssensorik (Temperatur, Luftfeuchte, Licht), Enrichment-Dokumentation
Personal & Qualifikation	Sachkundemanagement, Schulungserfassung, Zertifikatsverwaltung mit automatischer Ablauf-Erinnerung, z.B. zur CPD-Dokumentation [85]
Berichtswesen	Automatisierte Jahresstatistik, konfigurierbare Auswertungen, Echtzeit-Kennzahlen (Auslastung, Tierzahlen, Fristen)
Audit & Compliance	Internes Audit-Modul, Abweichungs-, und CAPA-Management (C orrective and P reventive A ctions [86]) im Sinne eines Fehlermanagements, Dokumentation behördlicher Inspektionen

9.6.2 Schnittstellen und Integrationsfähigkeit

Die Anbindungsfähigkeit an bestehende institutionelle Systeme ist ein wesentliches Auswahlkriterium, da isolierte Insellösungen zusätzlichen manuellen Erfassungsaufwand und Fehlerquellen erzeugen.

Tabelle 24: Schnittstellen eines Tierhausmanagementsystems

Schnittstelle	Zweck
ERP (Enterprise Resource Planning) Finanzsystem	Kostenstellenverrechnung, Kosten pro Tier und Tag oder Tier und Woche oder Abrechnung pro Käfig
Labor-Informations- Managementsystem (LIMS)	Tracking von Proben, Genotypisierungsergebnissen sowie anderen analytische Daten
Arzneimittelverwaltung	Anbindung an Apotheke/Arzneimittelverwaltung für ggf. GMP-konforme Dokumentation oder Modul
Gebäudeautomation (BAS - Building Automation System oder BMS - Building Management System)	Automatische Aufzeichnung von Umgebungsparametern in Räumen, wie z.B. Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Kohlendioxid-Gehalt, Licht/Dunkel-Phasen
Behörden-Meldeportale	Optional standardisierter Datenaustausch mit nationalen und europäischen Meldesystemen

9.7 Bewertungsmatrix für den Anbietervergleich

Zur strukturierten und produktneutralen Bewertung konkurrierender Systeme wird die Anwendung der folgenden gewichteten Kriteriengruppen empfohlen. Die konkrete Gewichtung ist institutionsspezifisch anzupassen.

Tabelle 25: Kriterien für die Bewertung eines Tierhausmanagementsystems

Kriteriengruppe	Beispielhafte Prüfpunkte
Rechtskonformität	Vollständige Abdeckung von TierSchG [2], TierSchVersV [3] und RL 2010/63 [1]; Audit-Trail; Aufbewahrungsfristen automatisiert
Funktionsumfang	Vollständigkeit der Kernmodule; Integration ohne Medienbrüche
Bedienbarkeit	Intuitive Oberfläche, mobile Erfassung, direkt am Käfig, Mehrsprachigkeit, überschaubarer Schulungsaufwand
Technische Sicherheit	Datensicherung, Verfügbarkeit und Zugriffskonzept gemäß DSGVO [83], Validierbarkeit nach GAMP 5 [82]
Schnittstellenfähigkeit	Standardisierte Schnittstellen zu anderen Managementsystemen, wie Abrechnungssystemen (ERP), Labormanagement (LIMS), Gebäudeautomation (BAS / BMS) sowie Meldeportalen
Anbieter und Support	Rasche Reaktionszeiten, Update-Zyklen, Referenzinstallationen in vergleichbaren Einrichtungen, Weiterentwicklungsplan
Wirtschaftlichkeit	Lizenz-/Betriebsmodell, Skalierbarkeit der Kosten in Relation zu Zahl gehaltener Tiere und Zahl der Nutzer/-innen im Sinne einer Kostenabwägung (Total Cost of Ownership) über 5–10 Jahre

Empfehlung: Die Bewertung sollte anhand konkreter, im Vorfeld definierter Testfälle (z. B. Anlage eines neuen Versuchsvorhabens, Erfassung eines Schweregrad-Ereignisses,

Generierung der Jahresstatistik) in einer Produktdemonstration nachvollzogen werden, statt sich allein auf Herstellerangaben zu stützen.

9.8 Anforderungen an Aufbewahrung und Archivierung

Das System muss die unterschiedlichen gesetzlichen Aufbewahrungsfristen automatisiert überwachen und eine revisionssichere Archivierung gewährleisten können. Kernanforderung ist die technische Verhinderung einer vorzeitigen Löschung bei gleichzeitiger Sicherstellung des datenschutzrechtlichen Löschgebots nach Fristablauf.

Tabelle 26: Aufbewahrungszeiträume für Dokumentation mit einem Tierhausmanagementsystem

Dokumentenkategorie (Beispiele)	Typische Aufbewahrungsfrist
Genehmigungsbescheide, Versuchsprotokolle, 3R-Bewertung, nicht-technische Projektberichte (NTP)	5 Jahre nach Projektende [3]
Bestandsregister, Haltungsparemeter, Enrichment-Dokumentation	5 Jahre nach dem Eintrag [3]
Sachkundenachweise, Tierschutzbeauftragten-Bestellung	Beschäftigungsdauer + 3 Jahre bzw. dauerhaft, gemäß DSGVO [83]
Aufzeichnungen bei gentechnischen Arbeiten oder bei Freisetzen	10 Jahre bei gentechnischen Arbeiten der Sicherheitsstufe 1; 30 Jahre bei gentechnischen Arbeiten der Sicherheitsstufe 2 bis 4 oder Freisetzen [19]

Das System sollte eine automatisierte Fristenüberwachung mit Erinnerungsfunktion sowie eine eindeutige, nachvollziehbare Kennzeichnung archivierter Datensätze bereitstellen.

9.9 Kritische Risikobereiche bei der Systemauswahl

Folgende Punkte sollten bei der Bewertung konkurrierender Systeme besonders kritisch geprüft werden, da sie in der Praxis regelmäßig zu Compliance-Lücken führen:

Medienbrüche

Eine parallele Papierdokumentation neben dem EDV-System widerspricht dem Grundsatz der Vollständigkeit und Rückverfolgbarkeit. Das ausgewählte System sollte technisch und organisatorisch als alleiniges führendes System etabliert werden können.

Zeitverzug bei Eintragungen

Die gesetzlich geforderte zeitnahe Protokollierung setzt voraus, dass das System Einträge mit automatisch gesetztem, nicht manipulierbarem Zeitstempel versieht.

Übermäßige Schreibrechte

Zu weit gefasste Zugriffsrechte gefährden die Datenintegrität. Das System muss eine granulare, regelmäßig überprüfbare Rechtevergabe unterstützen.

Fehlende Business-Continuity-Lösung

Ein Systemausfall ohne definiertes Notfallverfahren führt zu einer Dokumentationslücke, die im Rahmen einer Behördeninspektion als Mangel gewertet werden kann.

Unklare Versionskontrolle

Sofern das System auch Standardarbeitsanweisungen (SOPs) verwaltet, muss zu jedem Zeitpunkt eindeutig feststellbar sein, welche Version zum Zeitpunkt einer bestimmten Maßnahme gültig war.

9.10 Empfohlenes Vorgehen bei der Systemauswahl

1. Erstellung einer institutionsspezifischen User Requirements Specification auf Basis dieses Katalogs
2. Marktsichtung verfügbarer Systeme anhand der in Kapitel 9.5 „Technische Systemkriterien“ genannten Kriterien
3. Strukturierte Produktdemonstrationen mit vorab definierten, realitätsnahen Testfällen
4. Einholung von Referenzen aus vergleichbaren Einrichtungen (Größe, Tierarten, Sicherheitsstufe)
5. Prüfung der Validierbarkeit und des Migrationskonzepts für Bestandsdaten
6. Wirtschaftlichkeitsbewertung über die geplante Nutzungsdauer (Total Cost of Ownership)
7. Abschließende Bewertung anhand der gewichteten Matrix aus Kapitel 9.7 „Bewertungsmatrix für den Anbietervergleich“

Hinweis: Dieser Kriterienkatalog erhebt keinen Anspruch auf abschließende Vollständigkeit und ersetzt keine rechtliche Beratung. Er dient als strukturierte Grundlage für die institutionspezifische Anforderungsdefinition und sollte vor Verwendung in einer Ausschreibung durch die zuständigen Fachabteilungen (IT, Datenschutz, Tierschutz-beauftragte) geprüft und ergänzt werden.

10. Personalbedarf

Mit dem wachsenden gesellschaftlichen Bewusstsein für Tierwohl und Tierschutz sowie dem wissenschaftlichen Anspruch, durch standardisierte Haltungsbedingungen die Reproduzierbarkeit experimenteller Ergebnisse zu gewährleisten, hat die Komplexität moderner Versuchstierhaltungen erheblich zugenommen – mit entsprechenden Konsequenzen für den Personalbedarf.

Die zunehmende Komplexität manifestiert sich dabei auf mehreren Ebenen. Die Arbeit umfasst neben der Grundversorgung der Tiere und täglichen Tierkontrollen auch züchterische Maßnahmen. Der wachsende internationale Transfer von Tierlinien sowie die verstärkte Nutzung genetisch veränderter Tiermodelle mit mitunter belasteten Phänotypen erhöhen den Betreuungsaufwand und erfordern systematisches Scoring sowie die Erstellung von Belastungsbeurteilungen. Parallel dazu finden die Nutzung von Enrichment und tierschonende Handlingsmethoden wie das Cup- und Tunnelhandling zunehmend Anwendung [87]. Einen zusätzlichen Mehraufwand erzeugt die kontinuierliche Weiterentwicklung moderner Haltungssysteme: Neue Technologien, wie individuell ventilierte Käfigsysteme (IVCs) mit integriertem Home-Cage-Monitoring erfordern eine systematische Einarbeitung und regelmäßige Schulung des Personals und gehen mit einer fortschreitenden Digitalisierung der Haltungsprozesse einher. Umfangreiche Dokumentationspflichten sowie die digitalisierte Kommunikation mit Forschergruppen haben das Anforderungsprofil der Tierpflegenden damit

grundlegend verändert. Hinzu kommt die Mitwirkung im Tierschutzausschuss gemäß § 11b Abs. 1 TierSchG [2].

Das absehbare altersbedingte Ausscheiden erfahrener Fachkräfte bei gleichzeitig unzureichendem Nachwuchspotenzial verschärft diese Situation und macht eine strategische Personalplanung unabdingbar.

Eng verknüpft mit diesen Herausforderungen gewinnt das Konzept der Culture of Care zunehmend an Bedeutung [88, 89]. Es umfasst eine institutionell verankerte Fürsorgehaltung gegenüber Versuchstieren ebenso wie eine wertschätzende, kommunikationsorientierte Arbeitskultur, in der das Wohlbefinden von Tier und Mensch gleichermaßen im Mittelpunkt steht. Eine gelebte Culture of Care stellt damit nicht nur einen ethischen Anspruch dar, sondern erweist sich zugleich als wesentlicher Faktor der Qualitätssicherung in der tierexperimentellen Forschung.

Die nachfolgend dargestellten Kennzahlen beziehen sich auf die in 2025 überarbeitete Fachinformation der GV-SOLAS „Personalbedarf für die Betreuung von zu Forschungszwecken gehaltenen Mäusen“ [90].

10.1 Stellenplan

Es wird empfohlen, für größere, von mehreren Instituten genutzte Versuchstierhaltungen folgende Stellengruppen vorzusehen:

1. Verantwortliche Tierhaltungsleitung
2. Tierschutzbeauftragte
3. Bestandsbetreuende Tierärzte (Designated Veterinarian / benannter Tierarzt)
4. Technisches Laborpersonal
5. Verwaltungspersonal
6. Tierpflegepersonal
 - a. Tierpflege-Meister/-in
 - b. Tierpflegende Fachrichtung Forschung und Klinik mit IHK zertifizierter dualer Ausbildung
 - c. angelernte Tierpflegende tierpflegerisch verwandter Berufe
 - d. fachfremde angelernte Kräfte
 - e. Auszubildende
7. Servicepersonal (für das Aufbereitungszentrum)
8. Haustechnisches Personal (für alle technischen und digitalen Einrichtungen)

Bei kleineren Versuchstierhaltungen kann auf eine oder mehrere Stellengruppen verzichtet werden. Teilweise ist eine Personalunion möglich, wenn sich ausführender und zu kontrollierender Bereich nicht überschneiden.

In jedem Fall ist ein hoher Ausbildungsstand des Personals erforderlich, um die heute gestellten Anforderungen an die Haltung, Zucht und Pflege gestellten Anforderungen erfüllen zu können. Dies beinhaltet auch die gesetzlich geforderte regelmäßige Fort- und Weiterbildung.

Hierneben ist eine psychische Belastbarkeit unabdingbar, insbesondere aufgrund der ethischen Herausforderungen und des emotionalen Stresses, der mit der Arbeit mit Versuchstieren verbunden ist.

10.2 Tierpflegepersonal

Das Tierpflegepersonal (EU-Funktion C, der RL 2010/63/EU) muss die in der TierSchVersV Anlage 1, Abschnitt 1 genannten Kenntnisse und Fähigkeiten haben [3]. Der Bedarf an Personal für die Tierpflege ist abhängig von einer großen Zahl von Variablen, wie:

- örtlichen Verhältnissen (z.B. bauliche Gegebenheiten, Wegelängen, zentrale vs. Dezentrale Versuchstierhaltungen),
- Haltungsform (mit oder ohne Barriere),
- Käfig-/Haltungssystem (z.B. offene Käfige, IVC-Käfige mit oder ohne Home-Cage-Monitoring, Isolatoren)
- Aufwand zur Einhaltung hygienischer Bedingungen (Schleusen, Umkleiden, Duschen)
- Grad der technischen Ausstattung, Automatisierung und Digitalisierung,
- Einbeziehung des Personals zur Wartung der technischen Anlagen,
- Linienabhängige Haltungs- und Pflegeansprüche der Versuchstiere,
- Qualität und Effizienz des Organisationskonzepts,
- Ausbildungs- und Weiterbildungsstand der Tierpflegenden,
- Maß der Unterstützung der experimentellen Arbeiten durch die Tierpflegende.

An dieser Stelle wird auf die in 2025 überarbeitete Fachinformation der GV-SOLAS: „Personalbedarf für die Betreuung von zu Forschungszwecken gehaltenen Mäusen“ [90] verwiesen. Hierin finden sich zum einen Kennzahlen zur Personalplanung in verschiedenen Versuchstierhaltungen, die die Verteilung des tierpflegerischen Arbeitsaufwands darstellt. Deutlich wird, dass die zuvor genannten Variablen immensen Einfluss auf den Bedarf an Vollzeitäquivalenten pro Zahl gehaltener Tiere und Haltungsform haben. Die in früheren Publikationen genannten Kennzahlen sind nach heutiger Betrachtung demnach nicht mehr ohne Weiteres anwendbar.

Zum anderen findet sich in der Publikation eine vorbereitete Kalkulationstabelle zur Überprüfung des eigenen Personalbedarfs und davon ableitbaren Ansatzpunkten für eine Effizienzsteigerung. In den exemplarisch dargestellten Versuchstierhaltungen wird das Spektrum der heutigen Arbeitsgebiete von Versuchstierpflegenden zusammengefasst in die Kategorien: Grundversorgung Tiere, Züchterische Maßnahmen, Versuchsbegleitende und sonstige praktische Tätigkeiten sowie Betriebsführung.

11. Aus-, Fort- und Weiterbildung

Die Qualität einer Versuchstierhaltung sowie die wissenschaftliche Verwertbarkeit tierexperimentell gewonnener Daten hängen maßgeblich von der fachlichen Qualifikation der beteiligten Personen ab. Die rechtlichen Grundlagen hierfür sind auf europäischer Ebene in der RL 2010/63 EU (Artikel 23, 24 sowie Anhang V) [1] und auf nationaler Ebene in der TierSchVersV [3] verankert und in folgenden Funktionsgruppen definiert:

- **EU-Funktion A** – Durchführung von Verfahren an Tieren (TierSchVersV Anlage 1, Abschnitt 3), mit Differenzierung zwischen Tätigkeiten mit und ohne operative Eingriffe
- **EU-Funktion B** – Planung und Gestaltung von Verfahren und Projekten (TierSchVersV Anlage 1, Abschnitt 3)
- **EU-Funktion C** – Pflege von Tieren (TierSchVersV Anlage 1, Abschnitt 1)
- **EU-Funktion D** – Tötung von Tieren (TierSchVersV Anlage 1, Abschnitt 2)

Darüber hinaus sind Zusatzmodule vorgesehen, die eine weiterführende Qualifikation ermöglichen, etwa für den Umgang mit zusätzlichen Spezies oder die Durchführung operativer Eingriffe.

Zu diesen rechtlichen Vorgaben gibt die Federation of European Laboratory Animal Science Associations (FELASA) Empfehlungen zur Aus-, Fort- und Weiterbildung im tierexperimentellen Bereich heraus, die als international anerkannter Referenzrahmen für die Aus- und Weiterbildung in der Versuchstierkunde gelten [85].

Für alle Funktionsgruppen besteht eine gesetzlich verankerte Verpflichtung zur regelmäßigen Fort- und Weiterbildung, deren Anforderungen sich in den vergangenen Jahren substantiell erweitert haben. Neben den klassischen Kernkompetenzen in Tierpflege, Zucht und Versuchstierkunde erfordert der zunehmende Einsatz genetisch veränderter Tiermodelle vertiefte Kenntnisse in der phänotypischen Beurteilung sowie im Umgang mit belasteten Tieren. Die fortschreitende Technisierung der Haltungsumgebung – etwa durch individuell ventilierte Käfigsysteme mit integriertem Home-Cage-Monitoring oder digitalisierte Dokumentations- und Managementsysteme – macht eine kontinuierliche Einarbeitung in neue Technologien unabdingbar. Gleichzeitig gewinnen Themen der Qualitätssicherung und Standardisierung an Bedeutung.

Darüber hinaus rückt im Kontext einer gelebten Culture of Care die interpersonelle Kompetenz zunehmend in den Fokus der Personalentwicklung. Kommunikationsfähigkeit, Teamarbeit sowie die ethische Reflexion des eigenen Handelns im Umgang mit Versuchstieren werden als integrale Bestandteile einer zeitgemäßen Fachausbildung verstanden. Das Wohlbefinden der Mitarbeitenden – auf praktischer Ebene etwa durch ergonomische Arbeitsgestaltung, auf organisationaler Ebene durch eine wertschätzende Führungskultur – ist als komplementäre Voraussetzung qualitativ hochwertiger Tierbetreuung zu verstehen und sollte als fester Bestandteil von Fort- und Weiterbildungsprogrammen verankert sein.

12. Kosten, Leistungsarten und betriebswirtschaftliche Steuerung

Während eine betriebswirtschaftliche Steuerung in Unternehmen systemimmanent ist, gewinnt diese auch an wissenschaftlichen Einrichtungen, wie Universitäten, Forschungszentren und Universitätskliniken zunehmend an Bedeutung. Hierbei müssen betriebswirtschaftliche, tierschutzrechtliche und forschungslogistische Anforderungen vereint werden. Im Mittelpunkt stehen einerseits die Sicherstellung einer art- und tierschutzgerechten Haltung von Versuchstieren nach den Vorgaben des Tierschutzrechts (RL 2010/63 EU [1], TierSchG [2] und TierSchVersV [3]), andererseits die effiziente Steuerung von Ressourcen und Betriebskosten. Vor dem Hintergrund steigender Energiepreise, wachsender regulatorischer Anforderungen und des verstärkten Drucks zur Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit gewinnt eine strukturierte Kosten- und Leistungsrechnung im Tierhausmanagement zunehmend an Bedeutung. Dieses Kapitel gibt einen systematischen Überblick über die relevanten Kostenarten, Leistungsarten und erläutert die Grundprinzipien der Gewinn- und Verlustrechnung (GuV) in diesem spezifischen institutionellen Kontext.

12.1 Kostenarten im Tierhausmanagement

Die Kostenstruktur eines Tierhauses lässt sich nach verschiedenen Kriterien gliedern. Für die betriebliche Steuerung empfiehlt sich eine Differenzierung nach der Zurechenbarkeit (Einzel- vs. Gemeinkosten) sowie nach dem Verhalten bei Beschäftigungsänderungen (fixe vs. variable Kosten).

12.1.1 Überblick der Hauptkostenarten

Tabelle 27 : Kostenarten im Tierhausmanagement mit Beispielen und Kostencharakter

Kostenart	Beispiele	Charakter
Personalkosten	Tierpfleger/-innen, Tierärzte/-innen, Reinigungspersonal, Verwaltung	Fixe + variable Anteile
Futtermittelkosten	Standardfutter, Spezialdiäten, Futterzusätze	Überwiegend variabel
Energie- & Betriebskosten	Strom, Heizung-Lüftung-Klima, Beleuchtung, Wasser	Teils fix, teils variabel
Tiergesundheitskosten	Impfstoffe, Medikamente, Diagnostik, Veterinärleistungen	Variabel (anlassbezogen)
Raumkosten	Miete/Abschreibung, Reinigung, Desinfektion, Instandhaltung	Überwiegend fix
Verwaltungskosten	IT-Systeme, Dokumentation, Compliance, Schulungen	Überwiegend fix
Abschreibungen	Käfige, Haltungseinrichtungen, Analysengeräte, Fahrzeuge	Fix (zeitabhängig)
Entsorgungskosten	Tierkadaver, Streu, Sondermüll, Biologischer Abfall	Variabel

12.1.2 Fixe Kosten

Fixe Kosten entstehen unabhängig von der Auslastung des Tierhauses und fallen dauerhaft an. Sie dominieren das Kostengerüst eines Tierhauses und sind kurzfristig kaum beeinflussbar. Zu den wichtigsten fixen Kostenpositionen gehören:

- Personalgrundkosten für festangestelltes Personal (z. Bsp. Tierpfleger/-innen, Tierärzte/-innen, Service-Personal)
- Raumkosten: Miete, Abschreibungen auf Gebäude und Einrichtungen, Instandhaltungspauschalen
- Kosten für Klima-, Lüftungs- und Sicherheitsanlagen (Heating, Ventilation, and Air Conditioning - HVAC) als Grundbetrieb
- Abschreibungen auf Haltungseinrichtungen, Autoklaven oder Aufbereitungsanlagen und Laborgeräte
- Versicherungen, Verwaltungsoverhead, IT-Systemkosten und Lizenzen

Der hohe Fixkostenanteil hat erhebliche Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit: Bei geringer Auslastung steigt die Kostenbelastung je Tier und Tag stark an. Daher ist eine möglichst gleichmäßige und hohe Auslastung des Tierhauses aus ökonomischer Sicht anzustreben.

12.1.3 Variable Kosten

Variable Kosten verändern sich proportional zur Leistungsmenge, also zur Anzahl gehaltener Tiere und der erbrachten Versuchsleistungen. Typische variable Kostenarten umfassen:

- Futtermittelkosten (Menge abhängig von Tierbestand und Tierart)
- Verbrauchsmaterial: Einstreu, Käfigbedarf, Desinfektionsmittel, Schutzausrüstung
- Tiergesundheitskosten: anlassbezogene Behandlungen, Impfstoffe, diagnostische Tests
- Entsorgungskosten für Tierkörper und biologische Abfälle gemäß EG 1069/2009 [91]
- Variable Personalkosten: Überstunden, Aushilfen, externe Veterinärleistungen

12.1.4 Einzel- und Gemeinkosten

Eine für die Kostenstellenrechnung wichtige Unterscheidung ist die zwischen Einzel- und Gemeinkosten. Einzelkosten können einem konkreten Forschungsprojekt oder Kostenträger direkt zugeordnet werden (z. B. Futter für einen bestimmten Tierstamm, Operationskosten für ein konkretes Experiment). Gemeinkosten hingegen entstehen für den Betrieb des Tierhauses insgesamt, z.B. Personal für Verwaltung, Haustechnik, Wartung übergeordneter technischer Anlagen. Diese Kosten müssen mittels Verteilungsschlüssel auf die Kostenstellen umgelegt werden, – beispielsweise anteilig nach belegten Käfigen, Tiertagen oder Personalstunden.

12.2 Leistungsarten im Tierhausmanagement

Leistungen des Tierhauses sind die dokumentierbaren, abrechenbaren oder intern zu verrechnenden Tätigkeiten und Bereitstellungen. Ihre systematische Erfassung ist Grundlage

für die interne Leistungsverrechnung, die Kalkulation von Tierhaltungs-Pauschalen und die Drittmittelabrechnung.

Tabelle 28 : Leistungsarten im Tierhausmanagement mit Kostenträgerzuordnung

Leistungsart	Inhalt / Beispiel	Kostenträger
Tierhaltungsleistung	Unterbringung, Fütterung, Pflege je Tier und Tag oder Käfig und Tag, je Woche	Forschungsprojekt / Studie
Tiergesundheitsleistung	Impfung, Behandlung, Überwachung, Sanierung	Projekt / Kostenstelle Tierärzte/-innen
Zuchtleistung	Verpaarung, Wurfbetreuung, Genotypisierung	Forschungsgruppe
Versuchsdurchführung	Operationen, Blutentnahmen, Verhaltenstests, Scoring	Forschungsprojekt
Reinigung & Hygiene	Käfigwechsel, Raumdesinfektion, Sterilisation	Allgemeine Kostenstelle
Schulung & Ausbildung	Versuchstierkundliche Kurse, 3R Fortbildungen etc.	Personal / Institution
Beratung & Compliance	Behördenkorrespondenz, Versuchstiergenehmigungen, Berichtswesen	Institution / Overhead

Abrechnungsarten als zentrale Verrechnungseinheit

Die Abrechnung der von Tier je Haltungstag oder Käfig je Haltungstag ist die in Versuchstiereinrichtungen international übliche Verrechnungseinheit für die Grundhaltungsleistung. Er umfasst alle anfallenden Standardleistungen pro Tag: Fütterung, Wassergabe, Überwachung des Gesundheitszustands, Einstreu- und Käfigwechsel sowie anteilige Raumkosten. Die Kalkulation des Tagesatzes erfolgt durch Division der gesamten Grundbetriebskosten durch die Summe aller Tier- oder Käfigtage im Abrechnungszeitraum. Unterschiedliche Tierarten und Haltungssysteme (konventionell, SPF, Isolator) können unterschiedliche Tagesätze erfordern, um die tatsächliche Kostenstruktur abzubilden.

Interne Leistungsverrechnung

In universitären Einrichtungen erfolgt die Finanzierung des Tierhauses häufig über eine Kombination aus institutioneller Grundfinanzierung und interner Leistungsverrechnung an Drittmittelprojekte und Forschungsgruppen. Dabei werden die erbrachten Leistungen auf Basis von Tagesätzen und projektspezifischen Leistungspauschalen verrechnet. Eine transparente Kalkulation dieser Sätze ist nicht nur für die interne Steuerung, sondern auch für die Zuwendungsfähigkeit in Drittmittelprojekten (DFG, BMBF, EU, Stiftungen) relevant

12.3 Die Gewinn- und Verlustrechnung im Tierhausmanagement

Die Gewinn- und Verlustrechnung (GuV) ist das zentrale Instrument zur Beurteilung des wirtschaftlichen Ergebnisses einer Einrichtung innerhalb eines Geschäftsjahres. Sie stellt auf der einen Seite sämtliche Erträge (Erlöse) und auf der anderen Seite alle angefallenen Aufwendungen (Kosten) gegenüber. Aus dieser Gegenüberstellung ergibt sich das Jahresergebnis:

Jahresergebnis = Gesamterlöse – Gesamtaufwendungen

Ist das Ergebnis positiv, spricht man von einem Gewinn (Überschuss); ist es negativ, liegt ein Verlust (Fehlbetrag) vor. Im Kontext gemeinnütziger wissenschaftlicher Einrichtungen wird häufig nicht der Begriff Gewinn verwendet, sondern von einem Jahresüberschuss oder Betriebskostendeckungsgrad gesprochen.

12.3.1 Erlösarten im Tierhausmanagement

Die Erlösseite einer Versuchstierhaltung setzt sich typischerweise aus folgenden Positionen zusammen:

- Tierhaltungspauschalen und darüberhinausgehende Serviceleistungen: Einnahmen aus internen Leistungsverrechnungen an Forschungsgruppen und Drittmittelprojekte
- Drittmittelerträge: direkte Projektfinanzierungen (z. B. DFG, BMBF, EU, Stiftungen)
- Institutionelle Zuschüsse: Grundfinanzierung durch die Einrichtung (Haushaltsmittel)
- Fördermittel & Sonderprogramme, wie Investitionszuschüsse für Geräte, Umbaumaßnahmen
- Erlöse aus Leistungen für Dritte: externe Auftragsforschung, Schulungsangebote

12.3.2 Aufwandsarten in der Gewinn- und Verlustrechnung

Auf der Aufwandsseite erscheinen sämtliche der in Kapitel 12.2 Leistungsarten im Tierhausmanagement beschriebenen Kostenarten als Aufwandspositionen. Für die GuV wird nach dem Gesamtkostenverfahren (§ 275 Abs. 2 Handelsgesetzbuch, HGB [92]) oder dem Umsatzkostenverfahren gearbeitet. Im institutionellen Kontext überwiegt eine funktionale Gliederung nach Kostenstellen.

Beispiel einer vereinfachten GuV

Tabelle 29 : Vereinfachtes Beispiel einer Jahres-GuV für ein Tierhaus (fiktive Werte)

Position	Betrag (€)	Gesamt (€)
+ Erlöse aus Tierhaltung (Drittmittelprojekte)	290.000	
+ Kostenerstattungen (interne Leistungsverrechnung)	85.000	
+ Fördermittel / Zuschüsse	40.000	
= Gesamterlöse		415.000
– Personalkosten	240.000	
– Futtermittel & Verbrauchsmaterial	55.000	
– Energie- & Raumkosten	72.000	
– Tiergesundheits- & Veterinärkosten	28.000	
– Abschreibungen	18.000	
– Verwaltung & Compliance	32.000	
= Gesamtkosten		445.000
= Jahresergebnis (Gewinn / Verlust)		- 30.000

12.3.3 Interpretation und Steuerungsrelevanz

Ein ausgeglichenes oder positives Jahresergebnis signalisiert die wirtschaftliche Tragfähigkeit des Tierhauses im Berichtsjahr. Für die Steuerung sind über das reine Jahresergebnis hinaus folgende Kennzahlen von Bedeutung:

- Kostendeckungsgrad: $\text{Erlöse} \div \text{Gesamtkosten} \times 100$ (Ziel: $\geq 100\%$)
- Kosten je Tier- oder Käfigtag: $\text{Gesamtkosten} \div \text{Summe aller Tier- oder Käfigtage}$ (Benchmark-Vergleich ermöglicht)
- Personalkostenuote: Anteil der Personalkosten an den Gesamtkosten (in Tierhäusern typisch: 45–55 %)
- Fixkostenanteil: entscheidend für Mindestauslastung und Break-even-Analyse
- EBITDA-Äquivalent (Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization: bedeutet Gewinn vor Zinsen, Steuern und Abschreibungen): Ergebnis vor Abschreibungen und institutionellen Umlagen

12.4 Besonderheiten und strategische Überlegungen

12.4.1 Kostenverrechnung und Drittmittelkonformität

Bei der Abrechnung von Tierhaltungskosten gegenüber Drittmittelgebern ist die Einhaltung der jeweiligen Zuwendungsbestimmungen zu beachten. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und EU-Programme erfordern eine transparente, dokumentierte Kalkulation der Tiertagesätze. Diese müssen auf tatsächlichen Kosten basieren und dürfen keine kalkulatorischen Gewinnanteile enthalten. Eine regelmäßige Aktualisierung der Kostensätze ist dabei Pflicht und erfolgt in der Regel jährlich.

12.4.2 Tierschutz und wirtschaftliche Effizienz

Die Anforderungen des Tierschutzes – insbesondere das 3R-Prinzip (Replace, Reduce, Refine) – haben direkte betriebswirtschaftliche Konsequenzen. Eine Reduktion der Tierzahlen senkt variable Kosten, kann aber die Fixkostenbelastung je Tier erhöhen. Investitionen in Refinement-Maßnahmen (z. B. Environmental Enrichment, verbesserte Haltungssysteme mit oder ohne Home-Cage-Monitoring) erhöhen kurzfristig die Kosten, können aber durch verbessertes Tierwohl und bessere Versuchsergebnisse und reduzierte Tierzahlen mittel- bis langfristig kosteneffizient sein. Dies gilt auch für die Digitalisierung von Haltungssystemen (Digitaler Homecage). Hiermit können über verschiedene Funktionen erhebliche Kosteneinsparungen erreicht werden, z.B. weniger häufiger Käfigwechsel und damit verbunden Einsparungen bei der Käfigaufbereitung (Reinigung, Autoklavierung, Einstreuentsorgung etc.) und effizienterer Personaleinsatz.

12.4.3 Digitalisierung und Kostencontrolling

Moderne Tierhausmanagementsysteme ermöglichen eine lückenlose digitale Erfassung von Tier- oder Käfigtagen, Leistungen und Kosten. Die automatisierte Datenerhebung bildet die Grundlage für ein zeitnahes Kostencontrolling und erleichtert die Erstellung von GuV-Auswertungen auf Kostenstellen- und Projektebene. Eine Integration mit dem

Finanzcontrollingsystem der Institution ermöglicht die direkte Überleitung der Tierhausdaten in die institutionelle Gesamtrechnung.

Fazit

Ein strukturiertes Kosten- und Leistungsmanagement ist für Versuchstierhaltungen an wissenschaftlichen Einrichtungen kein optionaler Mehrwert, sondern eine betriebliche Notwendigkeit. Die transparente Erfassung aller Kostenarten – von Personalaufwendungen über Energie- bis zu Entsorgungskosten – bildet die Grundlage für eine belastbare Gewinn- und Verlustrechnung und ein drittmittelkonformes Abrechnungswesen.

Die GuV liefert dabei nicht nur eine Rückschau auf das vergangene Geschäftsjahr, sondern dient als strategisches Steuerungsinstrument: Sie zeigt auf, ob die Versuchstierhaltung wirtschaftlich tragfähig operiert, welche Kostentreiber im Fokus stehen und wo Potenziale für Effizienzgewinne liegen. Benchmarks, Deckungsbeitragsrechnungen und Auslastungsanalysen ergänzen die Jahresbetrachtung um eine operative Steuerungsdimension.

Für eine nachhaltige Weiterentwicklung empfiehlt sich die Verknüpfung des betriebswirtschaftlichen Controllings mit den Anforderungen des Tierschutzes, der Forschungsförderung und der institutionellen Compliance – ein integrativer Ansatz, der Wirtschaftlichkeit und Wissenschaftsqualität gleichermaßen fördern kann.

13. Kritische Infrastruktur und Notfallpläne in Versuchstierhaltungen

13.1 Rechtliche Grundlagen

Die RL 2010/63/EU [1] verpflichtet Einrichtungen dazu, ihre technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen so zu gestalten, dass Wohlbefinden, Sicherheit und kontinuierliche Versorgung der Tiere jederzeit gewährleistet sind. Anhang III definiert Anforderungen an Unterbringung, Pflege und technische Systeme, um Störungen und Risiken für Tiere vorzubeugen [1]. Dazu gehören:

- Eine den Tieren angemessene, verlässliche Umgebungs- und Haltungsqualität, beispielsweise auf Klima, Lüftung, Beleuchtung und Wasserversorgung.
- Überwachungssysteme zur frühzeitigen Erkennung technischer oder versorgungsrelevanter Störungen.
- Die Verpflichtung, Leiden, Schmerzen oder Schäden der Tiere im Störfall so weit wie möglich zu verhindern

Diese Vorgaben sind gesetzlich bindend und bilden die Grundlage für Notfall- und Risikomanagementkonzepte in tierexperimentellen Einrichtungen.

13.2 Gefährdungen für tierexperimentelle Einrichtungen

Versuchstierhaltungen sind aufgrund ihrer technischen Abhängigkeiten und der Sensibilität biologischer Prozesse besonders gefährdet. Die Gefährdungen lassen sich in zwei große Kategorien einteilen:

A. Höhere Gewalt

- Hochwasser / Starkregen
- Sturm und Sturmflut
- Erdbeben / Hangrutschungen
- Erdbeben
- Lawinen (insbesondere für alpine Standorte relevant)

B. Technische und menschlich verursachte Gefährdungen

Diese Risiken sind häufiger und können eine unmittelbare Gefahr für Tierhaltungen darstellen:

- Stromausfall (Ausfall Lüftung, Klima, Zugangskontrollen, Sicherheitstechnik)
- Ausfall der Lüftungs- oder Klimaanlage
- Ausfall der Wasserversorgung oder Wasserqualität
- Brände (z. B. durch technische Defekte)
- Anschläge oder Sabotageakte
- IT-Ausfälle oder Cyberangriffe (relevant für automatisierte und digitalisierte Systeme, z. B. Belüftung, Fütterung, Zutrittskontrolle)
- Ausfall externer Versorgungsketten (Futter, Einstreu, technische Gase)
- Personelle Ausfälle (z. B. Pandemien)

13.3 Maßnahmen zum Schutz der Tiere und wissenschaftlichen Proben

A. Strategische Maßnahmen (allgemein)

1. Etabliertes Risikomanagementsystem

- Systematische Risikoidentifikation, Risikoanalyse und Risikobewertung
- Regelmäßige Überarbeitung (mindestens jährlich oder anlassbezogen)
- Dokumentation im Risikoregister

2. Einrichtungsspezifische Notfall- und Ausfallpläne

- Pläne für Naturkatastrophen, technische Störungen und Sicherheitsvorfälle
- Klare Verantwortlichkeiten, Bereitschaftspläne und definierte Kommunikationswege
- Regelmäßige Schulungen und Übungen

3. Berücksichtigung baulicher und technischer Rahmenbedingungen

- Sofern möglich, technische und organisatorische Maßnahmen zur Erhöhung der Ausfallsicherheit bestehender Gebäudestrukturen
- Bei Neubauten oder Sanierungen Orientierung an Prinzipien des Kritische Infrastruktur-Schutzes, wie Redundanzen, räumliche Trennung und Schutz vor äußeren Einflüssen
- Für Bestandsbauten: Fokus auf kompensatorische Maßnahmen, wenn bauliche Eingriffe nur begrenzt möglich sind (z. B. zusätzliche Überwachung, temporäre Ausweichräume, mobile Systeme)



B. Technische und organisatorische Maßnahmen (mittlere Ebene)

1. Redundante Versorgungssysteme

- Notstromversorgung, z. B. mittels Aggregates oder unterbrechungsfreier Stromversorgung (USV) für kritische Systeme
- Redundante Lüftungs-, und Klimakomponenten

2. Automatisierte Überwachung und Alarmierung

- Sensorik für Raumluftkonditionierung, wie Temperatur, relative Luftfeuchte sowie Beleuchtung
- kontinuierliches Monitoring mit definierten Eskalationswegen
- Gesicherte IT-Systeme mit Backups

3. Brandschutz

- Standortabhängige Brandwarn- und Detektionssysteme
- Regelmäßige Wartung und Funktionskontrollen

C. Konkrete operative tierbezogene Schutzmaßnahmen

1. Ausweichräume innerhalb der Einrichtung

- Nutzung von Flurbereichen für Evakuierungsmaßnahmen
- Definition klarer interner Ausweichräume, die im Ernstfall schnell nutzbar sind, wie benachbarte Tierhaltungsbereiche oder Reservehubs
- Vorhalten von IVC-Gebläseeinheiten oder Tierhaltungsschränken zur Redundanz bei Ausfall

2. Versorgungssicherheit im Notfall

- Vorratshaltung von Futter, Einstreu und essenziellen Verbrauchsgütern für definierte Zeiträume

3. Schutz wissenschaftlicher Proben

- Redundante Tiefkühlsysteme, Notstrom für Inkubatoren, Backup-Lagerung für wertvolle Proben
- Notfall-SOP und trainierte Abläufe zur Umlagerung in interne Ersatzgeräte oder - Räume
- Überwachung kritischer Systeme (z. B. Kryotanks) mit Alarmierung

Schlussbemerkung

Der Schutz der in Versuchstierhaltungen befindlichen Tiere ist ein zentraler Bestandteil der Anforderungen der RL 2010/63/EU [1]. Fällt die technische Infrastruktur aus, kann dies innerhalb kürzester Zeit zu erheblichen Beeinträchtigungen der tiergerechten Versorgung und zu Verlusten wissenschaftlicher Daten führen. Daher ist ein umfassendes, aufeinander abgestimmtes Notfall-, Risiko- und Redundanzkonzept unverzichtbar, um die kontinuierliche Versorgung und Sicherheit der Tiere zuverlässig zu gewährleisten.

14. Literaturverzeichnis

1. Europäisches Parlament and Rat der Europäischen Union, *Richtlinie 2010/63/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. September 2010 zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere*. 2010.
2. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, *Tierschutzgesetz*, in *BGBI. I S. 1206, 1313*. 2006.
3. Bundesministerium für Ernährung, L.u.V., *Tierschutz-Versuchstierverordnung*, in *BGBI. I S. 3125, 3126*. 2013.
4. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV), *DGUV Information 213-108: Versuchstierhaltung (Letzte Aktualisierung: März 2022)*. 2022, Fachbereich Rohstoffe und chemische Industrie: Berlin.
5. Gesellschaft für Versuchstierkunde (GV-SOLAS). *Homepage der Gesellschaft für Versuchstierkunde*. 09.08.2026]; Available from: <https://www.gv-solas.de/>.
6. Militzer, K. and D. Büttner, *Die Bedeutung zentraler und dezentraler Tierversuchsanlagen für Forschung und Tierschutz*, in *Der Tierschutzbeauftragte*, GV-SOLAS, Editor. 1996. p. 84-87.
7. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, *Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung*. 2001.
8. Bundesministerium für Verbraucherschutz, E.u.L., *Tierschutz-Hundeverordnung*. 2001.
9. Bundesministeriums der Justiz, *Verordnung über die Sicherheitsstufen und Sicherheitsmaßnahmen bei gentechnischen Arbeiten in gentechnischen Anlagen (Gentechnik-Sicherheitsverordnung GenTSV)*. 2019.
10. Bundesministerium für Arbeit und Soziales, *Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit Biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung - BioStoffV)*. 2013.
11. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, *Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (Vergabeverordnung - VgV)*. 2016.
12. Deutscher Bundestag and Bundesrat, *Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB)*. 2013.
13. Deutscher Bundestag, *Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)*. 1996.
14. Deutscher Bundestag, *Gesetz über Betriebsärzte, Sicherheitsingenieure und andere Fachkräfte für Arbeitssicherheit (Arbeitssicherheitsgesetz – ASiG)*. 1973.

15. Bundesministerium für Arbeit und Soziales, *Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV)*. 2015, BGBl. I 2015, S. 49.
16. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, *Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure - HOAI)*. 2013.
17. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. *SIA Normen und Ordnungen*. 2026 10.08.2026]; Available from: <https://www.sia.ch/de/cms/dienstleistungen/normenundordnungen#13233>.
18. Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten, *Honorarordnung für Architekten (HOA 2002)*. 2002, Wien.
19. *Verordnung über die Sicherheitsstufen und Sicherheitsmaßnahmen bei gentechnischen Arbeiten in gentechnischen Anlagen (Gentechnik-Sicherheitsverordnung – GenTSV)*. 2019.
20. Arbeitsausschuss NA 005-01-05 AA „Kosten im Bauwesen“ im DIN-Normenausschuss NABau, *DIN 276 | 2018-12*. 2018.
21. Deutscher Bundestag, *Gesetz zur Regelung der Gentechnik (Gentechnikgesetz - GenTG)*. 1990.
22. Bundesministerium für Arbeit und Soziales and Ausschuss für Gefahrstoffe, *Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)*. 2006.
23. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) and Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS), *Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe - TRBA*. 2007.
24. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, *Gesetz zur Vorbeugung vor und Bekämpfung von Tierseuchen (Tiergesundheitsgesetz - TierGesG)*. 2013.
25. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, *Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV)*. 2010.
26. Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, *Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV)*. 2004.
27. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), *Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR)*. 2025.
28. Europäische Gesellschaft für Nachhaltige Labortechnologien, E.e.V. <https://www.egnaton.com/en/>. 2026 10.08.2026].
29. Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) GmbH. <https://www.dgnb.de/de>. 2026 10.08.2026].
30. Arbeitskreis Käfigaufbereitung (AK KAB), *KÄFIGAUFBEREITUNG in der Tierhaltung richtig gemacht*. Vol. 7. 2024.
31. *Handbuch für mikrobiologische Laboratorien der Schutz- und Sicherheitsstufen 1–4: Planen – Bauen – Betreiben*. 2022, Wiesbaden: Springer Vieweg.
32. Compton, S.R., et al., *Efficacy of three microbiological monitoring methods in a ventilated cage rack*. Comp Med, 2004. **54**(4): p. 382-92.
33. Compton, S.R., F.R. Homberger, and J. MacArthur Clark, *Microbiological monitoring in individually ventilated cage systems*. Lab Anim (NY), 2004. **33**(10): p. 36-41.
34. Homberger, F.R. and W. Nicklas, *Hygiene-Überwachung von Maus- und Rattenbeständen bei verschiedenen Haltungformen*, G.f.V. (GV-SOLAS), Editor. 2009.
35. Brandstetter, H., et al., *Leistungsbewertung von IVC-Systemen – Teil 2: Bewertungskriterien*. 2022.

36. Busch, M., et al., *Tiergerechte Haltung von Labormäusen*. 2014.
37. Busch, M., et al., *Tiergerechte Haltung von Laborratten* 2017.
38. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, *Tierschutz-Hundeverordnung (TierSchHuV)*. 2001.
39. Europarat, *Europäisches Übereinkommen zum Schutz von Versuchstieren und anderen zu wissenschaftlichen Zwecken verwendeten Wirbeltieren (ETS Nr. 123), Anhang A: Leitlinien über Unterbringung und Pflege*. 1986: Strassburg.
40. Festing, M.W.D. and D.P. Lovell. *Domestication and development of the mouse as a laboratory animal in Symposium of the Zoological Society of London*. 1981. London Academic Press.
41. Wade, C.M. and M.J. Daly, *Genetic variation in laboratory mice*. Nat Genet, 2005. **37**(11): p. 1175-80.
42. Jennings, M., et al., *Refining rodent husbandry: the mouse. Report of the Rodent Refinement Working Party*. Lab Anim, 1998. **32**(3): p. 233-59.
43. Mackintosh, J.H. *Behaviour of the house mouse*. in *Symp. Zool. Soc. Lond.* 1981. London Academic Press.
44. Mondragón, R., et al., *Social structure features in three inbred strains of mice, C57B1/6J, Balb/cj, and NIH: a comparative study*. Behavioral and Neural Biology, 1987. **47**(3): p. 384-391.
45. Guillot, P.V. and G. Chapouthier, *Intermale aggression and dark/light preference in ten inbred mouse strains*. Behav Brain Res, 1996. **77**(1-2): p. 211-3.
46. Ehrlich, C., *Exotische Nager*. RODENTIA (Fachmagazin für Kleinsäuger und Kaninchen), 2003. **11**.
47. Wiedenmayer, C., *Causation of the ontogenetic development of stereotypic digging in gerbils*. Anim. Behav., 1997. **53**: p. 461-470.
48. Kaiser, S., M.B. Hennessy, and N. Sachser, *Domestication affects the structure, development and stability of biobehavioural profiles*. Front Zool, 2015. **12**(Suppl 1): p. S19.
49. Rystrom, T.L., et al., *Social niche shapes social behavior and cortisol concentrations during adolescence in female guinea pigs*. Horm Behav, 2024. **162**: p. 105539.
50. Fujii, J., T. Osaki, and T. Bo, *Ascorbate Is a Primary Antioxidant in Mammals*. Molecules, 2022. **27**(19).
51. Ryland, L.M. and J.R. Gorham, *The ferret and its diseases*. J Am Vet Med Assoc, 1978. **173**(9): p. 1154-8.
52. Varga, J.F.A., M.P. Bui-Marinis, and B.A. Katzenback, *Frog Skin Innate Immune Defences: Sensing and Surviving Pathogens*. Front Immunol, 2018. **9**: p. 3128.
53. Iglauer, F., J. Dimigen, and G. Hilken, *Tierschutzgerechte Haltung von Wasserfröschen („Rana esculenta“) und Südafrikanischen Krallenfröschen (Xenopus laevis) in Merkblatt 36, Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e.V., Editor*. 1994.
54. Bundesministerium für Landwirtschaft, E.u.H. *Haltung von Zierfischen (Süßwasser) - Gutachten über die Anforderungen an die Haltung von Zierfischen, die mindestens eingehalten werden sollen*. 1998; Available from: <https://www.bmleh.de/DE/themen/tiere/tierschutz/haltung-zierfische.html>.
55. Riehl, R. and H.A. Baensch, *Aquarien Atlas*. 15 ed, ed. Melle. Vol. 1-15. 2006.
56. Europarat, *Delegierte RL 2024/1262 EU zur Änderung der Richtlinie 2010/63/EU des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der*

- Anforderungen an die Einrichtungen und an die Pflege und Unterbringung der Tiere sowie hinsichtlich der Methoden zur Tötung der Tiere in 2024/1262. 2024.*
57. Anderson, A., et al., *Guidance on the housing and care of Zebrafish - Danio rerio*, ed. R.A.D.S.G. RSPCA. 2011.
 58. The European Zebrafish Society (EZS). Available from: <https://www.ezsociety.org/>.
 59. BM0804 - European Network on Fish Biomedical Models (EuFishBioMed). Available from: <https://www.cost.eu/actions/BM0804/>.
 60. Aleström, P., et al., *Zebrafish: Housing and husbandry recommendations*. Laboratory Animals, 2020. **54**(3): p. 213-224.
 61. Arbeitsausschuss NA 041-02-50 AA „Grundlagen (SpA CEN/TC 156 sowie WG 1, 8, 19, 20 und WG 23 und ISO/TC 205/WG 4“ im DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik, „DIN EN 16798-1, Energetische Bewertung von Gebäuden - Lüftung von Gebäuden - Teil 1: Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumlufqualität, Temperatur, Licht und Akustik - Modul M1-6. 2022.
 62. Arbeitsausschuss NA 005-56-91 AA „Wärmetransport“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), *DIN 4108-2, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Wärmeschutz - Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung*. 2026.
 63. Kleiber, M. *The Fire of Life: An Introduction to Animal Energetics*. 1975.
 64. Besch, E.L. and J.E. Woods, *Heat dissipation biorhythms of laboratory animals*. Lab Anim Sci, 1977. **27**(1): p. 54-9.
 65. National Research Council Committee for the Update of the Guide for the Care Use of Laboratory Animals, *The National Academies Collection: Reports funded by National Institutes of Health*, in *Guide for the Care and Use of Laboratory Animals*. 2011, National Academies Press (US): Washington (DC).
 66. Arbeitsausschuss NA055-02-01AA „Abzüge und Laborluftechnik“ im DIN-Normenausschuss Laborgeräte und Laboreinrichtungen (FNLa), *DIN 1946-7, Raumluftechnik - Teil 7: Raumluftechnische Anlagen in Laboratorien*. 2022.
 67. Technisches Komitee CEN/TC 195 „Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik“ im Europäischen Komitee für Normung (CEN), *DIN EN 1822-1, Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA) - Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung*. 2019.
 68. Technisches Komitee ISO/TC 142 "Cleaning equipment for air and other gases" and Technisches Komitee CEN/TC 195 "Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik" im Europäischen Komitee für Normung (CEN), *DIN EN ISO 29463-2, Schwebstofffilter und Filtermedien zur Abscheidung von Partikeln aus der Luft - Teil 2: Aerosolerzeugung, Messgeräte und Partikelzählstatistik*. 2019.
 69. Verein Deutscher Ingenieure, *VDI 2083 Blatt 1, Reinraumtechnik - Partikelreinheitsklassen der Luft*. 2005.
 70. Arbeitsausschuss NA 041-02-52 AA "Komponenten (SpA CEN/TC 156/WG 3 und 4)" im Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS), *DIN EN 1507, Lüftung von Gebäuden - Rechteckige Luftleitungen aus Blech - Anforderungen an Festigkeit und Dichtheit*. 2006.
 71. Arbeitsausschuss NA 041-02-52 AA "Komponenten (SpA CEN/TC 156/WG 3 und 4)" im Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS), *DIN EN 12237, Lüftung von Gebäuden - Luftleitungen - Festigkeit und Dichtheit von Luftleitungen mit rundem Querschnitt aus Blech; Deutsche Fassung*. 2003.

72. Bundesministerium für Arbeit und Soziales, *TRGS 522: Raumdesinfektionen mit Formaldehyd* 2013.
73. GV-SOLAS, A.f.H., *Desinfektion von Tierräumen mittels Formaldehyd oder Wasserstoffperoxid* 2010.
74. Hagelschuer, I., H. Wagner, and G.R. Warncke, *Trinkwasserversorgung von Versuchstieren* 2016, GV-SOLAS, Ausschuss für Ernährung der Versuchstiere,.
75. Bundesministerium für Gesundheit, *Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV)*. 2023.
76. Ausschuss NAW IV 7 "Häusliche Wasserversorgung" des Normenausschusses Wasserwesen (NAW), *DIN EN 806-1, Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen - Teil 1: Allgemeines*. 2001.
77. Ausschuss NA 119-04-07 AA "Häusliche Wasserversorgung" im Normenausschuss Wasserwesen (NAW), *DIN 1988-200, Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen - Teil 200: Installation Typ A (geschlossenes System) - Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe*. 2012.
78. Bundesministerium für Arbeit und Soziales and Ausschuss für Arbeitsstätten, *ASR A3.4, Technische Regeln für Arbeitsstätten Beleuchtung und Sichtverbindung* 2023 Bundesministerium für Arbeit und Soziales,.
79. Bundesministerium für Arbeit und Soziales and Ausschuss für Arbeitsstätten, *ASR A3.5, Technischen Regeln für Arbeitsstätten, Raumtemperatur*. 2022, Bundesministerium für Arbeit und Soziales,.
80. Ehret, G., *Comparative psychoacoustics: perspectives of peripheral sound analysis in mammals*. Naturwissenschaften, 1977. **64**(9): p. 461-70.
81. Fay, R.R., *Comparative psychoacoustics*. Hear Res, 1988. **34**(3): p. 295-305.
82. ISPE (International Society for Pharmaceutical Engineering), *GAMP 5: A Risk-Based Approach to Compliant GxP Computerized Systems*. 2022.
83. Europäisches Parlament, *Richtlinie 2016/679 (EU), zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung, DSGVO)* 2016.
84. Europäisches Parlament, *Verordnung (EU) Nr. 910/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Juli 2014 über elektronische Identifizierung und Vertrauensdienste für elektronische Transaktionen im Binnenmarkt und zur Aufhebung der Richtlinie 1999/93/EG (eIDAS-Verordnung)*. 2014.
85. Castelhana-Carlos, M.J., et al., *FELASA recommendations for continuing professional development for professionals involved in animal research*. Lab Anim, 2026. **60**(1): p. 31-41.
86. Entourage. Available from: <https://theentourage.de/expertise/capa-management>.
87. Schlutt, A., et al., *A novel application tunnel in combination with medical training reduces stress induced by frequent intraperitoneal injections and blood draws in mice*. PLoS One, 2026. **21**(5): p. e0341404.
88. Rumpel, S., et al., *Caring, killing and an always busy schedule: a cross-sectional study on stress and strain in laboratory animal professionals in German-speaking countries*. Lab Anim, 2026. **60**(3): p. 305-317.
89. Ferrara, F., et al., *Culture of care in animal research - Expanding the 3Rs to include people*. Lab Anim, 2022. **56**(6): p. 511-518.
90. Zevnik, B., et al., *Fachinformation der GV-SOLAS Personalbedarf für die Betreuung von zu Forschungszwecken gehaltenen Mäusen*. 2025.

91. europäisches Parlament, *EG 1069/2009 mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte (Verordnung über tierische Nebenprodukte)*. 2009.
92. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, *Handelsgesetzbuch*. 1981.

15. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Planungs- und Baubeteiligte	18
Abbildung 2: Planungsschritte und Leistungsphasen	20
Abbildung 3: Tierhaltungsbereich im 1-Korridor-Prinzip.....	31
Abbildung 4: Tierhaltungsbereich im 2-Korridor-Prinzip.....	31
Abbildung 5: Der Prozesskreislauf in einem Aufbereitungszentrum aus „Käfigaufbereitung in der Tierhaltung richtig gemacht“ vom Arbeitskreis Käfigaufbereitung [30].	37
Abbildung 6: Einordnung der lufttechnischen Versorgung von IVC-Systemen und Zusammenhang von Flexibilität und (De-)Zentralisierung	76
Abbildung 7: Variante 1 Zentrales Belüftungssystem	77
Abbildung 8: Variante 2 Raumweise zentrales externes Belüftungssystem	77
Abbildung 9: Variante 3 Raumweise zentralisiertes internes Belüftungssystem.....	77
Abbildung 10: Variante 4 Wand- oder deckenmontiertes dezentrales Belüftungssystem	78
Abbildung 11: Variante 5 Auf dem Boden stehendes, dezentrales Belüftungssystem	78
Abbildung 12: Schema Begasungsvarianten	80