

Informations- und Dokumentationsstelle für Tierschutz- und Veterinärrecht¹, Zentrum für Tierernährung und Tierschutzwissenschaften, Klinisches Department für Nutztiere und Sicherheit von Lebensmittelsystemen², Veterinärmedizinische Universität Wien; Ethik- und Tierschutzkommission³ der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Möglichkeiten zur Verbesserung der Lebensqualität von (Labor-)Ratten durch Enrichment-Maßnahmen – ein Überblick

R. Binder^{1,2,3*} und S. Chvala-Mannsberger³

Eingelangt am 17. Juni 2024

Angenommen am 13. August 2024

Veröffentlicht am 13. September 2024

Schlüsselwörter: Refinement, Haltungsumwelt, Sozialkontakt, Management, Tierschutz, Tierschutzgremium.

Keywords: Refinement, environment, social interaction, management, animal welfare, Animal Welfare Body.

■ Zusammenfassung

Ratten zählen zu den am häufigsten verwendeten Versuchstieren; sie werden in den verschiedensten Bereichen der biomedizinischen Forschung, zur Stoffprüfung und – bereits seit dem Ende des 19. Jahrhunderts – auch zu Verhaltensexperimenten herangezogen. Obwohl die hohe Lernfähigkeit und die art-spezifischen Bedürfnisse von Ratten bereits seit dem frühen 20. Jahrhundert bekannt und gut dokumentiert sind, werden die daraus resultierenden verhaltensbiologischen Ansprüche an Haltungsumwelt und Betreuung weiterhin häufig unterschätzt. Nach dem im Tierversuchsrecht verankerten Prinzip des Refinements müssen die physiologischen und ethologischen Bedürfnisse der Versuchstiere so weit wie möglich befriedigt werden; daher sind geeignete Enrichment-Strategien zu ergreifen, die den Tieren eine komplexe Haltungsumwelt bieten und ihnen die Ausübung einer breiten Palette natürlicher Verhaltensweisen ermöglichen. Geeignete Maßnahmen zur Ausstattung und Anreicherung der Haltungsumwelt, Sozialkontakt zu Artgenossen sowie positive Interaktionen mit Menschen fördern die Lebensqualität von Ratten, erleichtern ihr Handling im Tierversuch und verbessern die Forschungsergebnisse. Enrichment-Strategien sollten stets auf den wissenschaftlichen Erkenntnissen über die Bedürfnisse der jeweiligen Tierart beruhen, als Gesamtkonzept geplant werden und einem kontinuierlichen Monitoring unterliegen. Um die zur Verbesserung des Wohlergehens von Versuchstieren berufenen Personen

■ Summary

Possibilities to improve quality of life of laboratory rats by enrichment-strategies – a survey

Rats are used in a broad range of biomedical research; since the late 19th century they have also been used for behavioural tests. Although the species' cognitive abilities and needs have been well known and documented from the early 20th century, the animals' demands for an appropriate housing environment and care are often underestimated in laboratories. According to the principle of refinement anchored in animal experimentation law, the rats' physiological and ethological needs must be satisfied as far as possible. There must be appropriate enrichment strategies to provide the rats with a complex housing environment and allow them to engage in a wide range of natural behaviours. Suitable measures to enrich the environment, social contact to conspecifics and positive interactions with people promote rats' quality of life, facilitate their handling in animal experiments and improve the reliability of research results. Enrichment strategies should be based on scientific knowledge on the behavioural needs of the species, planned as an overall concept and monitored. We provide an overview of enrichment strategies for laboratory rats that are recommended in the scientific literature to support the work of the persons and committees appointed to improve the well-being of laboratory animals, in particular the designated veterinarians, the persons responsible for animal welfare and the Animal Welfare Bodies.

*E-Mail: regina.binder@vetmeduni.ac.at

und Gremien – insbesondere die benannten Tierärztinnen / Tierärzte, die für das Tierwohl verantwortlichen Personen und die Mitglieder der Tierschutzgremien – bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben zu unterstützen, gibt der vorliegende Beitrag einen Überblick über die in der Fachliteratur empfohlenen Maßnahmen zum Enrichment in der Haltung von Ratten, die zu Versuchen oder anderen wissenschaftlichen Zwecken gehalten und eingesetzt werden.

Gewidmet der „Rätin“, die 1986 der Feder von Günter Grass entsprungen ist und deren Weisheit die menschliche Vernunft in den Schatten stellt.

■ Einleitung

Ratten zählen – ebenso wie Mäuse – zur Ordnung der Nagetiere (*Rodentia*) und zur Familie der Langschwanzmäuse (*Muridae*). Da sie phänotypisch den Mäusen ähneln, werden sie fälschlicherweise häufig als „große Mäuse“ betrachtet, obwohl sie sich verhaltensbiologisch deutlich von diesen unterscheiden (Cloutier 2022). Ratten stammen von der Wanderratte (*Rattus norvegicus*) ab und wurden als erste Säugtierart primär zum Einsatz in der Forschung domestiziert (Lindsey & Baker 2006; Pritchett-Corning 2015; Winnicker et al. 2016; Modlinska & Pisula 2020), 1856 erstmals als Versuchstier beschrieben (Makowska 2021) und seit mehr als 100 Jahren zu wissenschaftlichen Zwecken gezüchtet (GV-SOLAS 2017), weshalb auch von der „Laborisierung“ der Ratte gesprochen wird.

Ratten sind soziallebende, dämmerungs- und nachtaktive Tiere, die sich tagsüber in unterirdischen Bauen oder in dichter Vegetation aufhalten; Futtersuche und Nahrungsaufnahme erfolgen in der Dämmerung und nachts (Antle & Mistlberger 2004; Makowska & Weary 2016), wobei zwei Hauptaktivitätsphasen – am frühen Abend und vor Sonnenaufgang – zu beobachten sind. Den Tag verbringen Ratten zum Großteil mit Schlafen, doch treten auch tagsüber einzelne Aktivitätsphasen auf (Hurst et al. 1998). Auf (vermeintliche) Bedrohungen wie unbekannte Reize oder laute Geräusche reagieren Ratten mit Flucht (Rückzug in den Bau), Schreckstarre (Freezing) oder Angriff (Kitaoka 1994), mitunter aber auch mit einer Risikoabschätzung (Unterbrechung des Fress- und Explorationsverhaltens) (Blanchard et al. 1990).

Laborratten sind größer, zahmer und fruchtbarer als die Wildform (Pritchett-Corning 2015), doch zeigen Untersuchungen an domestizierten Ratten in seminaturallicher Umgebung, dass die Tiere das Verhaltensrepertoire ihrer Vorfahren – trotz qualitativer und quantitativer Modifikationen – beibehalten haben (Brandão & Mayer 2011; Stryjek et al. 2012; Makowska & Weary

Abkürzungen: AALAS = American Association of Laboratory Animal Science; ABl. = Amtsblatt der Europäischen Union; AARRP = Animal Research Review Panel; BG = Bundesgesetz; BGBl. = Bundesgesetzblatt; BMBWF = Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung; EU = Europäische Union; Fn = Fußnote; G = Gesetz, -e, -es; GV-SOLAS = Gesellschaft für Versuchstierkunde; idF = in der Fassung; idgF = in der geltenden Fassung; idR = in der Regel; IVC = individually ventilated cages; iVm = in Verbindung mit; Jh. = Jahrhundert, -s; KGW = Körpergewicht; MAD = mittlerer arterieller Druck; oJ = ohne Jahresangabe; NC3Rs = National Centre for the Replacement, Refinement and Reduction of Animals; SPF = spezifisch pathogenfrei; SOP = Standardarbeitsanweisung(en); RISE = Research Institute of Sweden; RL = Richtlinie der Europäischen Union; SOP = Standardvorgehensweise; TVG 2012 = Tierversuchsgesetz 2012; TVT = Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz; TVV 2012 = Tierversuchsverordnung 2012

2016; Schweinfurth 2020). Die Vertrautheit mit der Verhaltensbiologie der Wildform trägt daher zur Verbesserung der Haltungsbedingungen bei (Cloutier 2022), sofern dieses Wissen angemessen berücksichtigt wird.

Farbratten (*Rattus norvegicus forma domestica*) werden zu Tierversuchen herangezogen, aber auch als Heimtiere gehalten. In der Forschung werden vor allem Albino-Ratten eingesetzt. Albino-Mutanten wurden bereits Anfang des 19. Jh. in Labore gebracht; zwei Albino-Stämme – vor allem Wistar-Ratten und, in geringerem Ausmaß, Sprague Dawley-Ratten – werden bis heute weltweit am häufigsten zu Versuchszwecken gezüchtet (Hedrich 2006). Wie jede Tierart stellen auch Ratten in menschlicher Obhut spezifische Ansprüche an Haltungsumwelt und Betreuung, die unabhängig vom Haltungszweck möglichst weitgehend zu berücksichtigen sind.

Als Versuchstiere spielen Ratten bereits seit Beginn des 20. Jh. eine bedeutende Rolle. Aufgrund ihrer hohen Lern- und Anpassungsfähigkeit wurden Ratten zunächst vor allem zu Verhaltensversuchen herangezogen (Lindsey & Baker 2006). Heute werden sie zu einer großen Bandbreite biomedizinischer Forschungszwecke (u.a. zur Erforschung psychischer Erkrankungen und in der Schmerzforschung), aber auch zur Stoffprüfung eingesetzt (El-Ayache & Galligan 2019; Tunstall et al. 2019; Cloutier 2022). Nach Mäusen und Fischen zählen Ratten zu den am häufigsten verwendeten Versuchstierarten. Nach dem Statistikbericht der EU lag die Zahl der in den Mitgliedstaaten verwendeten Ratten 2019 bei 978.305, was einem Anteil von 9,4 % aller Versuchstiere entsprach (European Commission 2022). Da das Genom der Maus leichter zu manipulieren ist als das der Ratte (Bryda 2013), handelte es sich bei lediglich 3 % der Ratten um genetisch veränderte Tiere, während 41 % der zu Versuchen herangezogenen Mäuse genetisch verändert waren.

In Österreich werden jährlich ca. 250.000 Tiere zu Versuchen und anderen wissenschaftlichen Zwecken herangezogen; die Anzahl der Ratten lag in den letzten

Jahren bei 3.369 (2020), 3.769 (2021) und 3.617 (2022) Tieren (BMBWF 2021ff.).

Haltungsumgebung und Betreuung in institutionellen Settings wie Forschungseinrichtungen sind idR durch eine beengte, reizarme Umgebung, durch unzureichende individuelle Betreuung und häufig auch durch fehlenden Sozialkontakt zu Artgenossen (Einzelhaltung) gekennzeichnet. Solche Haltungsbedingungen beeinträchtigen das Wohlbefinden von Ratten, beeinflussen physiologische Prozesse und verursachen Verhaltensstörungen (vgl. dazu Abschnitt „Enrichment in der Haltung von Laborratten“). Abgesehen von den Tierschutzaspekten ist zu beachten, dass Stress die Versuchsergebnisse beeinflussen und sich somit negativ auf die Qualität der Forschung auswirken kann (Cloutier 2022). Andererseits sind die positiven Auswirkungen von Enrichment seit langer Zeit bekannt: So wurde bereits in den 1920er Jahren betont, dass eine positive Beziehung zwischen Versuchsratten und ihren Betreuungspersonen das Wohlbefinden der Tiere erhöht und eine Voraussetzung für zuverlässige Versuchsergebnisse darstellt (Greenman & Duhring 1923). In den 1940er Jahren zeigte der Psychobiologe D.O. Hebb (1947), dass Ratten, die ab einem frühen Lebensalter heimtierartig gehalten wurden und sich frei im Lebensbereich des Menschen bewegen konnten, einer in Standardkäfigen gehaltenen Vergleichsgruppe in der Problemlösungskompetenz und im Lernverhalten überlegen waren. Abou-Ismaïl (2011) stellte fest, dass Käfig-Enrichment agonistische Interaktionen zwischen Ratten reduziert, ohne ihre Dominanzordnung zu beeinflussen.

Ebenso wie zahlreiche andere Tierarten dürfen Ratten in der EU grundsätzlich nur dann zu Versuchen herangezogen werden, wenn sie zu diesem Zweck gezüchtet wurden (Art. 10 iVm Anhang I RL 2010/63/EU; § 15 Abs. 1 Tierversuchsgesetz 2012, TVG 2012 iVm § 19 Tierversuchsverordnung 2012, TVV 2012). Da Maßnahmen zum Abbau von Stress und Angst im Umgang mit Menschen bei Jungtieren besonders wirksam sind, könnte und sollte die Eignung der Tiere zum Einsatz in der Forschung bereits in der Zuchteinrichtung positiv beeinflusst werden (vgl. unten, Abschnitt „Enrichment in der Zucht“).

Das TVG 2012 verpflichtet versuchstierhaltende Einrichtungen dazu, eine benannte Tierärztin / einen benannten Tierarzt (§ 20 TVG 2012) sowie eine für das Tierwohl verantwortliche Person (§ 19 TVG 2012) zu bestellen und überträgt ihnen wichtige Funktionen im Zusammenhang mit der Sicherstellung des Wohlergehens der Versuchstiere. Eine bedeutende Rolle kommt auch den auf betrieblicher oder institutioneller Ebene eingerichteten Tierschutzgremien (§ 21 TVG 2012) zu, die u.a. die Aufgabe haben, die an der jeweiligen Einrichtung tätigen Personen über die Umsetzung von „3R“-Maßnahmen (siehe Abschnitt „Enrichment – Begriff, Bedeutung und Zielsetzungen“) zu beraten und eine „Kultur der Fürsorge“ zu fördern (Tierversuchskommission des Bundes oJ).

Diese, den tierhaltenden Einrichtungen im Allgemeinen und den dort tätigen Tierärztinnen und Tierärzten im Besonderen übertragene Verantwortung wurde zum Anlass genommen, einen Überblick über Maßnahmen des Enrichments in der Haltung von Ratten zu erarbeiten.

Material und Methode

Um einen Überblick über die wichtigsten Möglichkeiten zur Verbesserung der Haltungsbedingungen von (Labor-)Ratten zu gewinnen und wissenschaftliche Strategien zur Optimierung ihrer Haltung ableiten zu können, wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Hierzu wurde vor allem mittels Pubmed und Scopus englisch- und deutschsprachige Fachliteratur im Zeitraum zwischen 1960 und 2023 erhoben und ausgewertet.

■ Enrichment – Begriff, Bedeutung und Zielsetzungen

Environmental bzw. Behavioural Enrichment umfasst „actions taken to enhance the well-being of captive animals by identifying and providing key environmental stimuli“ (Shepherdson 1998). Newberry (1995) definierte Environmental Enrichment „[...] as an improvement in the biological functioning of captive animals, which results from modifications to their environment“. Enrichment erlaubt es den Tieren nicht nur eine möglichst große Bandbreite ethologischer Bedürfnisse zu befriedigen (Newberry 1995), sondern stimuliert auch mentale Prozesse und trägt so zur Verbesserung der kognitiven Fähigkeiten der Tiere bei (Wolfer et al. 2004).

In der Versuchstierhaltung erlangte das Konzept des Enrichments als Teilbereich des Refinement-Prinzips besondere Bedeutung. Refinement (Verbesserung) zählt neben den Grundsätzen des Replacements (Vermeidung) und der Reduction (Verringerung) zu den „3R“ und damit zu den leitenden Prinzipien der Regulative auf dem Gebiet der Tierversuche. Bei den Prinzipien der „3R“ handelt es sich daher nicht etwa nur um ethische Leitlinien, sondern um rechtlich verpflichtende Anforderungen (Binder & Chvala-Mannsberger 2023).

Während Russell und Burch (1959), die den Begriff „3R“ Ende der 1950er Jahre prägten, unter „Refinement“ ausschließlich die Verfeinerung tierexperimenteller Techniken verstanden hatten, wurde die Bedeutung des Begriffs in den folgenden Jahrzehnten sukzessive erweitert (Gruber 1996). Das geltende Tierversuchsrecht stellt nun unmissverständlich klar, dass auch in der Zucht, Unterbringung und Pflege der Versuchstiere Refinement-Maßnahmen zu ergreifen sind (§ 1 Abs. 3 Z 2 TVG 2012), sodass – abgesehen von den überwiegend dem Prinzip der Reduction zuzuordnenden

züchterischen Strategien – zwischen Maßnahmen des Versuchs- und des Haltungsrefinements zu unterscheiden ist (Binder 2013).

Die rechtlich verankerte Verpflichtung zum Refinement der Haltungsbedingungen sieht vor, dass diese so beschaffen sein müssen, dass die Versuchstiere auch ihre ethologischen Bedürfnisse möglichst weitgehend befriedigen können (§ 25 Abs. 1 Z 2 TVG 2012), d.h., dass die Ausgestaltung des Lebensumfelds den art-spezifischen und individuellen Bedürfnissen der Tiere angepasst sein muss. § 12 Abs. 2 TVV 2012 konkretisiert die Anforderungen an das Enrichment der Haltungsumgebung und sieht vor, dass Tierunterkünfte eine hinreichende Komplexität aufweisen, d.h. mit Strukturelementen und Beschäftigungsmöglichkeiten ausgestattet sein müssen, die es den Tieren ermöglichen, eine große Palette arttypischer Verhaltensweisen auszuleben, ihre Umgebung in bestimmtem Maß selbst zu kontrollieren und dadurch stressbedingte Verhaltensmuster abzubauen. Generell zeigt eine Vielzahl von Untersuchungen (vgl. die Übersicht in Sørensen et al. 2004; Cloutier 2022; Ratuski & Weary 2022), dass eine komplexe Umgebung, die den Tieren Wahlmöglichkeiten bietet und eine gewisse Kontrolle über ihre Haltungsumwelt erlaubt (Badihi 2006), das Wohlbefinden von Ratten erhöht. Enrichment verbessert auch die Lernfähigkeit der Tiere; zwar ist dieser Effekt besonders stark, wenn die Ratten bereits in einer angereicherten Umgebung aufwachsen, doch können sie auch dann noch von Enrichment profitieren, wenn es ihnen erst im Erwachsenenalter angeboten wird (Kobayashi et al. 2002). Bei der Ausstattung der Käfige sind Bewegungsmöglichkeit und Futtersuche sowie manipulative und kognitive Verhaltensweisen nicht nur zu berücksichtigen, sondern auch aktiv zu fördern. Die Ausstattungsstrategien müssen regelmäßig überprüft und aktualisiert werden, um den hygienischen Anforderungen Rechnung zu tragen, Gesundheits- und Verletzungsgefahren zu beseitigen und das Interesse der Tiere an der Ausstattung zu erhalten; trotz ihrer Neophobie scheint dies auch für Ratten zu gelten (Key 2004).

Da die in Anlage 1 zur TVV 2012 festgelegten speziesspezifischen Mindestanforderungen in der Standardhaltung von Versuchstieren jedenfalls eingehalten und auch die in der Empfehlung 2007/526/EG formulierten Leitlinien für die Unterbringung und Pflege von Versuchstieren berücksichtigt werden müssen (vgl. § 1 Abs. 2 TVV 2012), das Prinzip des Refinements die Forschungseinrichtungen aber dazu verpflichtet, die Haltung von Versuchstieren so weit wie möglich zu optimieren, können Maßnahmen zur Verbesserung der Haltungsbedingungen nur insoweit dem Refinement zugeordnet werden als sie über die Mindestanforderungen hinausgehen (Binder et al. 2021; Binder & Chvala-Mannsberger 2022; 2023). Daher zählen Ressourcen, die lediglich eine Beeinträchtigung des Wohlbefindens verringern, nicht zum Enrichment, da dieses nur Strukturen umfasst, welche das tierliche Wohlbefinden

fördern oder optimieren (Ellis 2009; Ratuski & Weary 2022).

Wirksames Refinement der Haltungsbedingungen setzt die genaue Kenntnis des Verhaltens und der speziesspezifischen Bedürfnisse der jeweiligen Tierart voraus; bei Ratten sind darüber hinaus die Besonderheiten der verschiedenen Zuchtstämme zu berücksichtigen. Obwohl das Verhalten der Ratte bereits früh erforscht wurde (vgl. z.B. Greenman & Duhring 1923; Hebb 1947; Calhoun 1963) und Ratten – wie bereits erwähnt – eine wichtige Rolle in der tierexperimentellen Forschung spielen, besteht Grund zur Annahme, dass das Wissen über die Verhaltensbiologie der Ratte in der Research Community nicht weit verbreitet ist (Cloutier 2022). Aufgrund dieses Wissensdefizits, aber auch in Anbetracht der hohen Anzahl an Versuchsratten und den daraus resultierenden finanziellen und personellen Restriktionen ist davon auszugehen, dass in der Haltung von Laborratten erheblicher Nachholbedarf im Bereich des Haltungsrefinements besteht. Obwohl die allgemeinen, im Tierversuchsrecht festgelegten Anforderungen u.a. vorsehen, dass alle Einrichtungen über angemessene Ausgestaltungsmöglichkeiten verfügen müssen, um den Tieren die Ausübung einer breiten Palette von Aktivitäten zu ermöglichen und ihre Anpassungsfähigkeiten zu erweitern (vgl. RL 2010/63/EU, Anhang III, Teil A, Abschnitt 3.3. lit. b) und § 12 Abs. 2 TVV 2012), erlauben es die Mindestanforderungen an die Haltung von Laborratten allenfalls ansatzweise, ihre artspezifischen Bedürfnisse zu befriedigen (vgl. Abschnitt „Größe und Platzangebot“).

■ Enrichment in der Haltung von Laborratten

Da die Einschränkung natürlicher Verhaltensweisen Stress verursacht, physiologische Parameter verändert und damit Versuchsergebnisse beeinflussen kann, kommt geeignetem Enrichment gerade in der Haltung von Versuchstieren besondere Bedeutung zu (Toth & January 1990; Würbel 2001; Key 2004; Patterson-Kane 2004; Cloutier 2022; Lidfors & Dahlborn 2022). Auch in der Scientific Community ist es mittlerweile anerkannt, dass die Reduzierung von Belastungen und eine den Bedürfnissen der Tiere entsprechende Haltung eine Voraussetzung für Erhebung zuverlässiger, valider sowie replizierbarer Daten und somit für die Generierung qualitativ hochwertiger Forschungsergebnisse darstellt (Garner 2005; Prescott & Lidster 2017; Hogan et al. 2018; Cloutier 2022). Da zuverlässige Versuchsergebnisse nur von Tieren erwartet werden können, die einen entsprechenden Gesundheitszustand aufweisen (vgl. auch § 6 Abs. 1 Z 6 TVG 2012), und mangelndes und/oder ungeeignetes Enrichment Gesundheit und Fitness von Versuchstieren beeinträchtigen kann, ist es auch aus wissenschaftlichen Gründen geboten, Stress in

der Laborhaltung von Ratten so weit wie möglich zu minimieren. Zwar muss Enrichment in wissenschaftlichen Settings auch den Erfordernissen der jeweiligen Einrichtung und der konkreten Forschungsarbeiten entsprechen, doch wurde bereits Anfang der 1990er Jahre darauf hingewiesen, dass „[...] whenever animals are used in laboratories, minimizing any pain and distress [...] they suffer should be as important an objective as achieving the experimental results“ (Morton et al. 1993). In Anbetracht der Aufwertung, welche die „3R“ durch die RL 2010/63/EU erfahren haben, gilt dieses Postulat mehr denn je.

In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungen zu den Anforderungen an rattengerechtes Enrichment dargestellt, wobei zwischen Enrichment (1) durch Anreicherung der Haltungsumgebung, (2) durch Sozialkontakt zu Artgenossen und Menschen sowie (3) durch Managementmaßnahmen unterschieden wird.

Enrichment durch Anreicherung der Haltungsumgebung

Enrichment durch Anreicherung der Haltungsumwelt (Non-animate Enrichment) umfasst die Ausstattung der Unterkunft sowie das Anbieten von Beschäftigungsmöglichkeiten und Sinnesreizen. Um die durch das Enrichment angestrebten Zielsetzungen – Förderung des Wohlbefindens, Verringerung von Stress und Verhinderung der Entstehung haltungsbedingter Erkrankungen und Verhaltensstörungen – zu erreichen, müssen die Maßnahmen den physischen, verhaltensmäßigen und sozialen Anforderungen der jeweiligen Tierart entsprechen. Während es im Hinblick auf Tiere wie z.B. Hunde und Katzen, weitgehend unbestritten ist, dass Enrichment-Strategien auch auf die individuellen Bedürfnisse der Tiere abzustimmen sind, zeigen u.a. Ergebnisse von Verhaltensexperimenten, dass auch Ratten individuelle Persönlichkeitsmerkmale aufweisen (Rödel & Meyer 2011; Améndola et al. 2022; Brooks et al. 2024), sodass auch die individuellen Bedürfnisse so weit wie möglich berücksichtigt werden sollten und jedenfalls nicht generell vernachlässigt werden dürfen.

Erlaubt es die Haltungsumwelt Tieren nicht, ihre Bedürfnisse hinreichend zu befriedigen, so kann dies zu Verhaltensstörungen, z.B. zu Stereotypen, führen (Simpson & Kelly 2011). Bei Ratten sind dies vor allem das Entfernen der Vibrissen durch Artgenossen (sog. „barbering“), exzessive Fellpflege, Verletzungen des Schwanzes und Benagen des Käfiggitters (Hurst et al. 1997, 1998; Key 2004; Burn 2008; Koolhaas 2010). Die Ausübung stereotyper Verhaltensweisen wird bei Ratten seltener beobachtet als bei Mäusen, da die Tiere nachtaktiv sind (Cloutier 2022). Auch fehlende oder unzureichende Fellpflege ist ein Indikator für beeinträchtigtes Wohlbefinden; der Zustand des Integuments weist daher nicht nur auf gesundheitliche, sondern auch auf verhaltensbedingte Probleme hin

und sollte in die Beurteilung von Stress einbezogen werden (Cloutier 2022).

Die zwischen innerer Tränendrüse und Bulbus an der Nickhaut liegende Hardersche Drüse produziert ein porphyrinhaltiges Sekret, welches die Tiere durch die Fellpflege über ihren Körper verteilen, was ihnen einen rötlichen Schimmer verleiht. Eine deutlich erhöhte Produktion von Porphyrinen (Chromodacryorrhoe) weist auf bestimmte Erkrankungen (z.B. Corynebacteriose, Mycoplasmosen, Salmonellose und Sialodacryoadenitis), aber auch auf Stress hin (Sakai & Yohro 1981). So zeigten Untersuchungen, dass akuter Stress, wie die Fesselung der Extremitäten (Harkness & Ridgeway 1980), Schlafentzug (Hipólido & Tufik 1995), Entzug von Wasser (Figge & Atkinson 1941), Gelenkschmerzen (Kerins et al. 2003) und Morphiumentzug (Buccafusco 1990), einen Anstieg der Ausscheidung von Porphyrinen auslöste. Daher wurde ein Scoring-System zur quantitativen Erfassung der Ausscheidung von Porphyrinen entwickelt, das bei Ratten mit dunklem Fell allerdings nur sehr eingeschränkt anwendbar ist (Mason et al. 2004).

Während Autogrooming zum Normalverhalten der Ratte zählt, kann haltungsbedingter Stress zu exzessiver Körperpflege (z.B. zum Ausreißen von Haarbüschel, aber auch zur Selbstverstümmelung) führen (Bolles 1960; Pellis & Pellis 1997; Hermann 2022).

Eine bestimmte Körperhaltung, bei der säugende Ratten ihr Ventrum auf den Boden oder gegen eine vertikale Struktur pressen, wird ebenfalls mit Stress in Zusammenhang gebracht, da es einerseits bei fortschreitendem Alter der Nachkommen und andererseits in kleinen Käfigen gehäuft auftritt (Gaskill & Pritchett-Corning 2015). Schließlich können Stresssituationen bei Ratten dazu führen, dass auch gesunde Neugeborene dem Infantizid zum Opfer fallen oder Kannibalismus auslösen (Koolhaas 2010).

Andererseits zeigte ein Vergleich zwischen Ratten, die in angereicherten Käfigen gehalten wurden, und Artgenossen, die in Käfigen ohne Enrichment untergebracht waren, dass erstere im Rahmen eines Judgement Bias-Tests auf einen neutralen Reiz mit einer positiven Erwartungshaltung reagierten, was den Schluss zulässt, dass Enrichment das Potential hat, den emotionalen Zustand der Tiere günstig zu beeinflussen (Burman et al. 2008b). Geeignetes Enrichment fördert die Ausübung arttypischer Verhaltensweisen, reduziert agonistisches innerartliches Verhalten (Abou-Ismael et al. 2010) und kann psychische Erkrankungen (Verhaltensstörungen) minimieren (Cloutier 2022). Da nur Tiere zu Versuchen herangezogen werden dürfen, die einen – für das jeweilige Forschungsprojekt – geeigneten Gesundheitszustand aufweisen, ist es unzulässig, Tiere zu Versuchszwecken zu verwenden, die an einer (physischen oder psychischen) Erkrankung leiden, welche in keinem Zusammenhang mit dem Forschungsziel steht (vgl. das durch § 6 Abs. 1 Z 6 TVG 2012 gesetzlich definierte Ausschlusskriterium).

Allgemeine Anforderungen an die Beschaffenheit der Unterkunft

Standardkäfige zur Haltung von Ratten in Forschungseinrichtungen haben sich seit dem frühen 20. Jh. kaum verändert; Größe und Design beruhen daher eher auf Tradition und Praktikabilitätsabwägungen als auf wissenschaftlichen Erkenntnissen (Makowska 2021). Zwar zeigen Untersuchungen zum Platzbedarf von Ratten, dass die Tiere sehr anpassungsfähig sind und sich auch auf einem geringen Platzangebot und bei hoher Besatzdichte fortpflanzen (Gaskill & Pritchett-Corning 2015; Pritchett-Corning 2015), doch kann das Ziel der Haltung unter dem Aspekt der rechtlichen Verpflichtung, das Wohlbefinden von Versuchstieren so weit wie möglich zu fördern, nicht darin bestehen, die Grenzen der tierlichen Anpassungsfähigkeit auszureizen.

Aus der Sicht des Versuchstierschutzes muss es die Unterbringung in menschlicher Obhut Ratten ermöglichen, u.a. Bewegungsabläufe und explorative Verhaltensweisen sowie Komfort-, Ruhe- und Sozialverhalten in arttypischer Weise auszuüben (Cloutier 2022). Die üblicherweise verwendeten und rechtlich zulässigen (Makrolon-)Käfige (Typ III) entsprechen jedenfalls dann nicht den Anforderungen an eine rattengerechte Unterbringung, wenn den Tieren kein geeignetes Enrichment angeboten wird (GV-SOLAS 2017). Eine Untersuchung von Gaskill und Pritchett-Corning (2015) zeigte, dass in kleinen Käfigen die als „press posture“ bezeichnete, mit Disstress assoziierte Körperhaltung verstärkt auftrat und dass das Nestmaterial nach kurzer Zeit verschmutzt war; die Untersuchung zeigte allerdings auch, dass die Ausgestaltung der Käfige ebenso wichtig ist wie ein ausreichendes Flächenangebot und eine angemessene Besatzdichte. Nach Auffassung der Autorinnen der eben angeführten Untersuchung sollten sowohl Forschende als auch Hersteller von serienmäßig hergestellten Käfigen bemüht sein, Tierunterkünfte zu entwickeln, die der Verhaltensbiologie der Ratte entsprechen. Mittlerweile weisen auch Käfighersteller auf die Bedeutung von Enrichment hin und bieten Möglichkeiten zur Realisierung einer den Bedürfnissen angemessenen Unterbringung von Ratten unter Laborbedingungen an (Allentown oJ). In manchen Forschungseinrichtungen werden zudem kreative Eigeninitiativen zur Verbesserung von Rattenunterkünften ergriffen (Makowska & Weary 2021).

Bodenbeschaffenheit

Untersuchungen zeigten nicht nur, dass Ratten Unterkünfte mit einer geschlossenen Bodenfläche im Vergleich zu Käfigen mit Drahtgitterböden bevorzugten (Manser et al. 1995; Weerd et al. 1996), sondern wiesen auch darauf hin, dass bei Ratten Anzeichen von Stress auftraten, wenn sie in Käfigen untergebracht waren, die Gitterböden aufwiesen und keine Ausstattungselemente enthielten (Foulkes 2004). In einer Untersuchung an

Ratten mit implantierten Telemetriesendern konnten bei der Haltung auf Gitterböden Veränderungen physiologischer Parameter nachgewiesen werden, die als Stressreaktionen zu interpretieren sind (wie erhöhte Herzfrequenz, verringerte Lokomotion und Gewichtsverlust) (Giral et al. 2011).

In einer den Mindestanforderungen entsprechenden Standardhaltung, die nur ausnahmsweise unter den in § 25 Abs. 2 TVG 2012 angeführten Gründen und unter Einhaltung der dort genannten Voraussetzungen unterschritten werden darf, müssen die Tiere immer über „der Tierart entsprechende Einstreu oder Schlafplätze [...]“ sowie über einen „für die jeweilige Tierart geeigneten soliden und bequemen Ruhebereich“ verfügen (§ 15 Abs. 1 und 2 TVV 2012). In der Standardhaltung sind daher nur Käfige zulässig, die geschlossene, mit Einstreu versehene Böden aufweisen und es den Tieren ermöglichen, in entspannter Körperhaltung zu ruhen. Zwar gibt es Hinweise darauf, dass Käfige mit Gitterböden gut toleriert werden, wenn sie mit erhöhten Plattformen ausgestattet sind (Pritchett-Corning 2015), doch setzt dies voraus, dass die Plattformen von allen Tieren gleichzeitig ungehindert genutzt werden können.

Aufgrund der Drahtgitterböden von Stoffwechselläufigen ist größte Zurückhaltung bei der Unterbringung der Tiere in diesen Vorrichtungen geboten; diese ist nicht nur äußerst stressreich (Gill et al. 1989; ARRP 2007), sondern auch unter dem Aspekt ihrer wissenschaftlichen Begründung (§ 25 Abs. 2 TVG 2012) zu hinterfragen: So stellt z.B. das Ziel, Koprophagie zu unterbinden, keine Rechtfertigung für die Verwendung von Metabolismuskäfigen dar, da Ratten Kot auch direkt aus dem Anus aufnehmen (Ebino 1993; Pritchett-Corning 2015). Diese Form der Unterbringung kann daher nur dann als zulässig betrachtet werden, wenn es nachweislich nicht möglich ist, das Versuchsziel bei ununterbrochener Einhaltung der Mindestanforderungen an die Unterbringung zu erreichen. Im Zusammenhang mit der Klassifizierung des Schweregrades der Belastung ist diese Haltungsform als belastungserhöhender Faktor zu berücksichtigen (vgl. zum Stoffwechselläufig auch den Abschnitt „Kontakt zu Artgenossen“).

Ist die vorübergehende Unterbringung in einem Metabolismuskäfig unumgänglich, so sollten Drahtgitterböden, insbesondere dann, wenn Kot gesammelt werden soll, mit Haushaltspapier (Küchenrolle) oder sterilem Zellstoff ausgelegt werden; auch der Ausstattung des Käfigs mit einer Rückzugsmöglichkeit (z.B. Kunststoffhäuschen) oder der Verblendung der Käfigwände sollte grundsätzlich nichts entgegenstehen.

Größe und Platzangebot

Wild lebende Ratten verbringen die meiste Zeit in unterirdischen Bauen, die aus Nestkammern bestehen, welche durch Tunnels verbunden sind; die Ein- und Ausgänge befinden sich häufig an vertikalen oder

horizontalen Strukturen (z.B. an einer Mauer oder unter Gebüsch) (Calhoun 1963; Winnicker et al. 2016).

Der umliegende Lebensraum („home range“) umfasst – abhängig von regionalen Gegebenheiten und Ressourcen – Flächen zwischen 44 m² und 2,4 km² (Gaskill & Pritchett-Corning 2015). Auf der Suche nach Ressourcen legen Ratten etwa 3–5 km zurück, wobei sie Pfade anlegen (Cloutier 2022). Sind ausreichende Ressourcen vorhanden, halten sich Ratten im Umkreis von ca. 20 m ihres Baues auf (Winnicker et al. 2016). Der Umstand, dass die Nestkammern eine Fläche von nur etwa 407 cm² und eine Höhe von ca. 14,5 cm aufweisen, ist nicht geeignet, ein (ähnlich) geringes Platzangebot unter Laborbedingungen zu rechtfertigen, da die adulten Tiere unter (semi-)natürlichen Bedingungen stets die Möglichkeit haben, sich aus der Nestkammer zurückzuziehen oder den Bau zu verlassen (Gaskill & Pritchett-Corning 2015). In Präferenzversuchen zeigten Ratten eine deutliche Vorliebe für größere Käfige, die allerdings weniger stark ausgeprägt war als die Bevorzugung von Sozialkontakt zu Artgenossen (Patterson-Kane 2002).

Ein ausreichend großes Flächenangebot ist erforderlich, um es den Tieren zu ermöglichen, verschiedene Verhaltensweisen (wie Lokomotion, Erkundungsverhalten, Ruhe- und Komfortverhalten) auszuüben; darüber hinaus ist es eine Voraussetzung dafür, dass die Unterkunft mit geeigneten Strukturen und Gegenständen ausgestattet werden kann. Ratten sind sehr erkundungsfreudig und weisen ein vielfältiges Bewegungsrepertoire auf; ihr Lokomotionsverhalten umfasst verschiedene „Gangarten“, wie Gehen, Laufen bzw. Trab und Galoppieren (Altman & Sudarschau 1975; Pritchett-Corning 2015), wobei der Galopp aufgrund der begrenzten Fläche in der Laborhaltung kaum zu beobachten ist (Gillis & Biewener 2001). Darüber hinaus können Ratten auch klettern (Büttner 1993; Foster et al. 2011; Pritchett-Corning 2015; Winnecker et al. 2016). Während die Wildform der Ratte ausgezeichnet schwimmen kann, zeigen Laborratten eine Abneigung gegen das Schwimmen (Stryjek et al. 2012). Generell sollte es die Unterbringung den Ratten ermöglichen, alle natürlichen Körperhaltungen (Grant & Mackintosh 1963; Barnett et al. 1982) einzunehmen. Da sich Ratten gerne auf den Hinterbeinen aufrichten, um ihre Umgebung zu beobachten (Büttner 1993; Foster et al. 2011; Makowsky & Weary 2016), muss der Käfig auch ausreichend hoch sein.

Als Beutetiere, die Raubsäugetieren und -vögeln, aber auch Schlangen zum Opfer fallen, meiden Ratten offene Flächen und bevorzugen tagsüber dunkle Rückzugsorte (Calhoun 1963; Boice 1977; Makowska & Weary 2016). Ratten sind bestrebt, sich entlang vertikaler Strukturen zu bewegen (Thigmotaxis, „wall seeking behaviour“). Unabhängig von der nutzbaren Käfigfläche hielten sich die Ratten in einer Untersuchung von Gaskill und Pritchett-Corning (2015) daher bevorzugt unter einem in den Käfig hineinragenden Futterbehälter auf und schienen diesen als Raumteiler zu nutzen.

Die tierversuchsrechtlichen Mindestanforderungen legen für Ratten unterschiedlich große Mindestbodenflächen vor, wobei zwischen verschiedenen Phasen der Versuchstierhaltung unterschieden wird. In der „Vorrathaltung“ und während der Versuchsdurchführung sind gewichtsabhängige Mindestflächen für Käfige (800–1.500 cm²) sowie pro Tier (200–600 cm²) vorgesehen. Nach Auffassung des Animal Research Review Panel (ARRP 2007) sollte die Fläche für die Unterbringung von 5 Ratten mit einem KGW zwischen 250–300 g mindestens 1.500 cm², besser jedoch 1.800 cm² betragen. Auch die GV-SOLAS (2017) weist darauf hin, dass eine Käfigfläche von 800 cm² (Typ III-Käfig), in der nach den Mindestanforderungen 3–4 kleine Ratten untergebracht werden dürften, nicht ausreicht, um eine Gruppenhaltung mit geeigneter Käfigeinrichtung zu realisieren bzw. den allgemeinen Anforderungen an eine „hinreichende Komplexität“ des Lebensraumes zu entsprechen. Nach Auffassung der GV-SOLAS sollten Typ III-Käfige daher nur noch ausnahmsweise zu experimentellen Zwecken, z.B. zur versuchsbedingt unumgänglichen Einzelhaltung von Ratten, verwendet werden (GV-SOLAS 2017). Als Standardkäfig zur Haltung von Ratten wird ein Käfig mit einer Bodenfläche von mindestens 1.500 cm² oder mit 1.800 cm² empfohlen; erhältlich sind auch Käfige mit einer Grundfläche von 2.000 cm², doch ist zu bedenken, dass das Handling entsprechende personelle Ressourcen erfordert (GV-SOLAS 2017).

In der Zucht muss einem Muttertier mit Wurf eine Mindestfläche von 800 cm² zur Verfügung stehen, die für jedes zusätzliche adulte Tier um 400 cm² zu vergrößern ist (TVV 2012, Anhang 1, Tabelle 2). Nach den Empfehlungen des ARRP (2007) sollte einem säugenden Muttertier bis zum Absetzen der Jungtiere jedoch ein Mindestplatzangebot von 1.500 cm² zur Verfügung stehen.

Bei der Haltung von Jungtieren ist zu beachten, dass diese ab dem 12.–14. Lebensstag ausgeprägtes Spielverhalten zeigen, welches neben Ringkämpfen („wrestling“, „rough and tumble play“) und Springen auch Verfolgungsjagden umfasst (Pellis & Pellis 1997; Vanderschuren et al. 1997). Zwar zeigen Jungtiere auch in kleinen Käfigen Spielverhalten (Gaskill & Pritchett-Corning 2015), doch ist es gerade in dieser Lebensphase unverzichtbar, den Tieren ein ausreichend großes Flächenangebot zur Verfügung zu stellen (Cloutier 2022). So wird von Koolhaas (2010) für 7–8 Jungtiere (3–4 Wochen nach dem Absetzen) ein Platzangebot von 0,2 m² Bodenfläche empfohlen. Nach den Empfehlungen des ARRP (2007) sollte einer Gruppe von 12 Jungratten zwischen dem Absetzen und dem Erreichen des 50. Lebensstages eine Bodenfläche von mindestens 2.000 cm² zur Verfügung stehen.

Nach den Mindestanforderungen ist es zulässig, Jungratten in Zuchteinrichtungen „für die kurze Zeit zwischen dem Absetzen und Abgabe“ (TVV 2012, Anhang 1, Tabelle 2, Fn 2) bei höheren Besatzdichten zu halten,

sofern die Gesamtfläche größer, der Käfig angemessen ist und das Wohlbefinden der Tiere nicht beeinträchtigt wird. Wird von dieser Ausnahme Gebrauch gemacht, so sind die Tiere kontinuierlich zu überwachen, da die Besatzdichte z.B. bei erhöhter Aggressivität oder bei Auftreten von Verhaltensdefiziten bzw. Stressreaktionen zu verringern ist. Trotz dieser Voraussetzungen ist diese Ausnahmegestaltung problematisch, da das Bewegungsbedürfnis von Jungratten besonders ausgeprägt ist (Cloutier 2022); zudem mag es sich bei der rund einmonatigen Zeitspanne zwischen dem Absetzen und dem 50. Lebensstag von Ratten um einen – aus menschlicher Perspektive – kurzen Zeitraum handeln, doch wird dabei übersehen, dass es sich bei diesem Lebensabschnitt um eine Entwicklungsphase handelt, welche nicht zuletzt die Eignung der Tiere zum Einsatz in Tierversuchen maßgeblich beeinflusst (vgl. dazu auch den Abschnitt „Enrichment in der Zucht“).

Auch das Aufrichten auf den Hinterbeinen und das Strecken des Körpers zählt zum Bewegungsrepertoire der Ratte. Da das Aufrichten für Ratten wichtiger zu sein scheint als das Graben oder Klettern, stellt es eine unverzichtbare Voraussetzung für das Wohlbefinden der Tiere dar und sollte als Indikator für die Beurteilung der Angemessenheit der Käfigumgebung herangezogen werden (Makowska & Weary 2016). Während in den 1960er Jahren eine Käfighöhe von 20 cm vorgesehen war (Cloutier 2022), durften Ratten – vermutlich, um mehrere Käfigreihen übereinander stapeln zu können – nach späteren Regulativen (RL 86/609/EWG; Tierversuchsv 2000) auch in 14 cm hohen Käfigen untergebracht werden, obwohl es diese Käfighöhe den Tieren nicht erlaubt, sich zu voller Größe aufzurichten (Pritchett-Corning 2015). Nach den geltenden tierversuchsrechtlichen Bestimmungen hat die Mindestkäfighöhe 18 cm zu betragen (Anl. 1, Tab. 2 TVV 2012). Diese Höhe ist jedoch nur für Jungtiere bis zu 150 g als ausreichend zu betrachten; adulte Tiere bis zu 450 g KGW benötigen eine Käfighöhe von 22 cm, um sich zu voller Größe aufrichten zu können und großen männlichen Ratten ist dies nur in 30 cm hohen Käfigen möglich (ARRP 2007; RSPCA 2011). Daher empfiehlt auch die GV-SOLAS (2017) 18 cm hohe Käfige durch Verwendung erhöhter Käfigdeckel oder tiefer Käfigwannen zu erhöhen oder 20 cm hohe Käfige zu verwenden, die durch erhöhte Deckel auf bis zu 27 cm erhöht werden können.

Auch die Aufstellung der Käfige im Tierraum kann Verhalten und Physiologie der Ratten beeinflussen; durch geeignetes Enrichment der Mikroumwelt kann dieser Einfluss abgefedert werden (Key 2004). In diesem Sinne stellten Cloutier und Newberry (2010) fest, dass Ratten, die in ungehindert einsehbaren Käfigen untergebracht waren, einen höheren Stresslevel zeigten, wenn ihnen keine Rückzugsmöglichkeit zur Verfügung stand.

Strukturierung

Neben der Größe der nutzbaren Fläche trägt vor allem die Ausstattung der Unterkunft, insbesondere Versteckmöglichkeiten, maßgeblich zur Lebensqualität von Ratten bei. Eine semi-natürliche Ausstattung der Umwelt regt Ratten zur Ausübung natürlicher Verhaltensweisen an (Berdoy 2002; Makowska & Weary 2016). Untersuchungen zeigen, dass Ratten strukturierte Unterkünfte im Vergleich zu leeren Käfigen bevorzugen (Anzaldo et al. 1994; Patterson-Kane 2003; Sørensen et al. 2004; Williams et al. 2008; Cloutier & Newberry 2010). Im Zusammenhang mit Strukturierung und Ausstattung ist zu bedenken, dass es kaum möglich ist, eine Fläche von weniger als 1.800 cm² mit einer für Ratten nutzbaren Käfigeinrichtung zu versehen (GV-SOLAS 2017).

Als Fluchttiere sind Ratten in hohem Maße stressanfällig, wenn ihnen keine geeigneten Verstecke und Rückzugsorte zur Verfügung stehen; geschützte Rückzugsbereiche wie bauähnliche Vorrichtungen, Häuschen u. dgl. zählen somit zum unverzichtbaren Inventar von Rattenkäfigen (Boice 1977). Da Ratten im Unterschied zu Mäusen nicht rotlichtblind sind (Niklaus et al. 2020), bieten Häuschen aus transparentem rotem Kunststoff Ratten keinen ausreichenden Sichtschutz.

Zur vertikalen Strukturierung von Käfigen eignen sich zusätzliche Ebenen (z.B. Einlagebrettchen), die von Ratten intensiv genutzt werden (Vachon 2014; Wheeler et al. 2014). Rückzugsmöglichkeiten mit Flachdächern werden von Ratten ebenfalls als zweite Ebene genutzt, wenn der Abstand zur Käfigdecke dies zulässt.

Auch nach der Empfehlung 2007/526/EG sind „Nestkästen oder andere Unterschlüpfen“ für Ratten von großer Bedeutung, da diese es ihnen ermöglichen, eine angemessene Mikroumwelt zum Ruhen und für die Fortpflanzung zu schaffen. Untersuchungen zeigen, dass Ratten bereit sind, für Nestboxen und Nestmaterial zu arbeiten (Manser et al. 1998). In der Laborhaltung zeigen sowohl weibliche als auch männliche Ratten Nestbauverhalten (Manser et al. 1998; Jegstrup et al. 2005; Makowska & Weary 2016), sofern die Tiere frühzeitig Nestmaterial kennengelernt haben (Winnicker et al. 2016). Daher sollte allen Ratten Nestmaterial zur Verfügung stehen, wobei die Tiere eine deutliche Präferenz für Käfige zeigen, die mit verschiedenen Nestmaterialien ausgestattet sind (Key 2004).

Als Rückzugsmöglichkeit bevorzugen Ratten eine undurchsichtige und geschlossene Nestbox gegenüber transparenten Boxen mit offenen Seiten oder beidseitig offenen Röhren (Galef & Sorge 2000; Patterson-Kane 2003). Dunkle Unterschlupfmöglichkeiten, die aus undurchsichtigem Material bestehen, werden von Ratten im Vergleich zu durchsichtigen Rückzugsmöglichkeiten bevorzugt; ebenso präferieren Ratten Rückzugsmöglichkeiten aus Plexiglas gegenüber solchen aus Karton oder Blech (Makowska 2021).

Zur Strukturierung des Raumes können auch in Standardkäfigen vertikale Raumteiler verwendet werden: So wurden L-förmige Raumteiler von männlichen Ratten gerne genutzt (Anzaldo et al. 1994, Harrison et al. 1995); sie erleichtern es den Tieren, sich entlang einer Wand fortzubewegen (Thigmotaxis), fördern das Explorationsverhalten und können auch dazu verwendet werden, um die Funktionsbereiche Nahrungsaufnahme und Ausscheidung vom Aufenthaltsbereich der Tiere abzugrenzen (Makowska 2021).

Ratten schlafen mit ausgestrecktem Körper und Schwanz (Lawlor 2002); diese natürliche Schlafposition ist ihnen auch in der Laborhaltung zu ermöglichen. Schlafen die Ratten in eingerollter Haltung, so deutet dies auf suboptimale Umgebungsbedingungen (zu tiefe Temperatur oder zu helle Beleuchtung) hin.

Funktionsbereich Ausscheidung

Da Ratten Kot und Harn in der Nähe von Futterquellen und Wasser absetzen, sollte ihnen in der Nähe des Fress- und Trinkbereiches eine mit besonders saugfähigem Material (z.B. Einstreu auf Maisbasis) befüllte flache Schale als Ausscheidungsbereich angeboten werden (Cloutier 2022).

Beschäftigungsmöglichkeiten

Obwohl Ratten neophobisch sind, zeichnen sie sich durch ausgeprägtes Explorationsverhalten aus, das durch geeignetes Enrichment gefördert wird (Franks et al. 2013). Die Komplexität der Haltungsumwelt ermöglicht es den Tieren, artspezifische Verhaltensweisen auszuüben, mit ihrer Umgebung zu interagieren und durch die Möglichkeit zwischen verschiedenen Aktivitäten und Aufenthaltsorten zu wählen, eine gewisse Kontrolle über ihre Umwelt auszuüben (Makowska & Weary 2021). Während Untersuchungen an Tierarten wie Hunden, Katzen und Kaninchen zeigten, dass die Interaktion der Tiere mit neuen Objekten rasch abnahm (Johnson et al. 2003; Young 2003), scheint diesem Aspekt bei Ratten geringere Bedeutung zuzukommen als der Komplexität der Käfigausstattung: Untersuchungen von Abou-Ismaïl und Mendl (2016) zeigen, dass der Effekt, den ein komplex angereicherter Käfig auf das Wohlbefinden von Ratten hatte, größer war als die Auswirkungen einzelner neuer Enrichment-Gegenstände, die den Ratten nacheinander angeboten wurden.

Bereits Anfang der 2000er Jahre wurden Käfigeinrichtungen entwickelt, die auch in Standardkäfigen verwendet werden können und von Ratten gerne angenommen werden (Harst et al. 2003). Als Einrichtungsgegenstände kommt eine Vielzahl von Objekten, z.B. Tunnel, Leitern, Plattformen und Hängematten, in Frage (Makowska 2021). Als improvisierte Hängematten können z.B. auch OP-Masken dienen, die an zwei gegenüberliegenden Käfigseiten befestigt und über die nutzbare Fläche gespannt werden (Reinhardt & Reinhardt 2006).

Obwohl vereinzelt positive Effekte von Artefakten wie Tennisbällen auf Ratten beschrieben wurden (Dean 1999), sollte von der Verwendung von Gegenständen, die keine funktionelle Beziehung zum Verhaltensspektrum der Tiere haben, zugunsten „biologisch sinnvoller“ Strukturen Abstand genommen werden (Winnicker et al. 2016).

Was Materialien betrifft, zeigte eine Untersuchung von Lambert et al. (2016), dass Objekte aus Naturmaterialien wie Holz künstlich hergestellten Gegenständen deutlich überlegen waren: Ratten beschäftigten sich länger mit Gegenständen aus natürlichen Materialien als mit Kunststoffobjekten und zeigten zudem mehr soziale Verhaltensweisen als die Vergleichsgruppe.

Ratten, die in reich ausgestatteten Käfigen mit mehreren Ebenen gehalten wurden, waren insgesamt ruhiger, leichter zu „handeln“ und zeigten keine Anzeichen von Erschrecken, wenn der Tierraum von Personen betreten wurde (Clarke & Ioannou 2018).

Käfige für Ratten müssen mit Einstreu und Nestmaterial ausgestattet werden, um den Tieren das Graben in Substrat zu ermöglichen (Cloutier 2022). Das Material muss ungiftig, staubfrei und möglichst geruchsneutral sein. Empfohlen werden Einstreu aus Espenholz oder Maiskolben (Pritchett-Corning 2015); in einer Untersuchung von Burn et al. (2006) manipulierten Ratten Einstreu aus Espenholz mehr als Papier. Einstreu auf Maisbasis ist sehr saugfähig, doch zeigte ein Präferenzversuch, dass Ratten den blanken Boden bevorzugten (Makowska & Weary 2021). In anderen Untersuchungen zeigten Ratten eine Präferenz für Einstreu aus Holz mit größeren Partikeln (Pritchett-Corning 2015) und Papierschnitzel (Makowska & Weary 2021). Aufgrund der unterschiedlichen Ergebnisse und individueller Vorlieben wird empfohlen, den Tieren mehrere Materialien als Einstreu anzubieten: Besonders saugfähiges Substrat wie Maiseinstreu eignet sich vor allem für den Ausscheidungsbereich, während im übrigen Käfig weiches Material verwendet werden sollte (Makowska & Weary 2021).

Um Ausscheidungen aufzunehmen sowie den Ammoniaklevel zu minimieren (Makowska & Weary 2021) und den Tieren das Graben zumindest ansatzweise zu ermöglichen, muss die Einstreu ausreichend tief sein, wobei 2 cm als Minimum zu betrachten ist (ARRP 2007; RSPCA 2011). Untersuchungen an verschiedenen Einstreutiefen in Käfigen für Mäuse zeigten, dass die höchste Einstreutiefe (6 cm) den Ammoniaklevel am wirksamsten reduzierte und von den Tieren bevorzugt wurde (Freyman et al. 2017).

Makowska und Weary (2021) berichten, dass grundsätzlich auch unter Laborbedingungen die Möglichkeit besteht, Ratten den Zugang zu Erde oder alternativ zu Holzwolle zu ermöglichen; beide Materialien sind auto-klavierbar und werden von den Tieren zum Graben bzw. zu grabanalogen Verhalten genutzt.

Als (zusätzliche) Bewegungsmöglichkeit können Ratten Laufräder angeboten werden (Dewsbury 1980;

Sherwin 1998; Reinhardt & Reinhardt 2006). So sahen Käfige, die zu Beginn des 20. Jh. zur Unterbringung von Wistar-Ratten konstruiert wurden, ein Laufrad vor (Makowska & Weary 2016). Zwar wurde wiederholt darauf hingewiesen, dass Laufräder stereotypes Verhalten fördern könnten (Sherwin 1998; Visser et al. 2005; Kanarek et al. 2009; Richter et al. 2014), doch wendet Cloutier (2022) dagegen ein, dass die meisten dieser Untersuchungen an einzeln gehaltenen Ratten durchgeführt wurden. Untersuchungen zeigten, dass Ratten nicht nur eine hohe Motivation zur Nutzung von Laufrädern aufweisen (Visser et al. 2005; Makowska 2021), sondern auch, dass Laufräder positive Auswirkungen auf die psychische und physische Verfassung von Ratten haben, das Lernvermögen und Gedächtnis der Tiere verbessern, Depressionen und Angst verringern (Visser et al. 2005; Nadel et al. 2013) sowie die Tiere zu sozialem Spiel anregen (Cloutier 2022). Werden Ratten Laufräder angeboten, so müssen diese verletzungssicher sein, d.h. Rückwand und Lauffläche müssen geschlossen sein, um das Einklemmen von Extremitäten und Schwanz zu verhindern; der Durchmesser des Laufrades muss ausreichend groß sein, um Haltungsschäden (Lordose) durch die Nutzung zu vermeiden. Schließlich muss die Vorrichtung fest auf dem Boden, an einer Käfigwand oder an der Käfigdecke verankert sein (Binder & Lexer 2007). Laufräder aus Metall erfüllen diese Anforderungen idR nicht und verursachen zudem häufig unerwünschte Geräusche im Ultraschallbereich (Key 2004).

Weitere Möglichkeiten zur Anreicherung der Haltungsumwelt von Ratten bestehen darin, die Käfige mit Kletterstrukturen auszustatten, mehrere Käfige durch Tunnellemente zu verbinden oder den Tieren zeitweise Zugang zu einem ausgestatteten Spielbereich zu ermöglichen (Makowska & Weary 2021). Ratten, die regelmäßig Zugang zu einer solchen Fläche hatten, schienen ausgeglichener und waren besser in der Lage, sich neuen Testsituationen anzupassen (NC3Rs 2017).

Ratten muss Nagematerial zur Verfügung stehen, um ihre ständig nachwachsenden Schneidezähne abzureiben (Chmiel & Noonan 1996; Manser et al. 1998; Patterson-Kane et al. 2002). Darüber hinaus dient das Manipulieren und Benagen von Objekten und Nahrung der Beschäftigung (Key 2004; Cloutier 2022).

Licht

Die tierversuchsrechtlichen Vorschriften sehen vor, dass die Beleuchtung der Tierunterkünfte den natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus der Tiere berücksichtigen, aber auch die Arbeit der Tierpfleger, u.a. die Kontrolle des Zustands der Tiere, ermöglichen muss (§ 7 Abs 1f. TVV 2012).

Als dämmerungs- und nachtaktive Tiere sind Ratten außerordentlich lichtempfindlich; dies gilt in besonderem Maß für Albino-Ratten, deren Iris nicht pigmentiert ist (Castelhana-Carlos & Baumans 2009). Albinos

empfinden zu helle Beleuchtung als aversiven Stimulus (Stryjek et al. 2013). Da zu hohe Lichtintensität bei Ratten, vor allem bei Albinos, zu Netzhautschäden führen kann, sollte die Lichtstärke im Bodenbereich des Käfigs höchstens 25–50 Lux betragen (Koolhaas 2010); den Tieren muss stets eine geeignete Rückzugsmöglichkeit zur Verfügung stehen, in der die Lichtstärke unter 25 Lux liegt (Castelhana-Carlos & Baumans 2009; GV-SOLAS 2017). Stryjek et al. (2013) verglichen die lichtabhängige Aktivität von Wildratten und pigmentierten Laborratten mit Albino-Stämmen und stellten fest, dass die albinotischen Tiere tagsüber geringere Aktivität, während der Dunkelphase hingegen mehr aktive Verhaltensweisen zeigten als pigmentierte Ratten. Auch das Ausmaß der Veränderung der Aktivität zwischen Tag und Nacht war bei den Albino-Ratten ausgeprägter als bei den pigmentierten Artgenossen. In der Käfighaltung von Albino-Ratten sollte die Lichtintensität in den Käfigen daher deutlich unter 60 Lux, d.h. zwischen 30–50 Lux (Schleif 2001) bzw. unter 25 Lux (ARRP 2007) liegen.

Auch die tierversuchsrechtlichen Vorschriften sehen ausdrücklich vor, dass die Beleuchtung an die erhöhte Lichtempfindlichkeit von Albinos angepasst werden muss (§ 7 Abs. 4 TVV 2012). Nach der Empfehlung 2007/526/EG sollte die Lichtstärke in Anlagen zur Haltung von Nagetieren niedrig sein. Um die Gefahr einer Netzhautdegeneration zu verringern, sollten alle Racks mit schattenspendenden Abdeckungen versehen werden; die obersten Käfigreihen sind vor direkter Lichteinstrahlung zu schützen (GV-SOLAS 2017).

Wie im Hinblick auf andere dämmerungs- und nachtaktive Tierarten gezeigt wurde (Grover & Miller 2008), wirkt sich die Simulation der Abend- und Morgendämmerung (z.B. durch gedämmte Übergangsphasen) günstig auf Ratten aus (ARRP 2007).

Im Zusammenhang mit der Kontrolle der Tiere weist die Empfehlung 2007/526/EG darauf hin, dass Nagetiere während ihrer aktiven Phase mit Hilfe von Lichtfrequenzen, die von den Tieren nicht wahrgenommen werden (Rotlicht), unbemerkt beobachtet werden können (vgl. auch GV-SOLAS 2017). Mittlerweile wurde die Annahme der Rotlichtblindheit von Ratten jedoch widerlegt: Niklaus et al. (2020) wiesen nach, dass schwache Rotlichtblitze von 1 mcd x s/m² unter skotopischen Bedingungen eine Netzhautreaktion bei Ratten hervorrufen und empfehlen daher die Verwendung von monochromatischem Rotlicht mit einer Wellenlänge von mindestens 660nm, welches sich so weit wie möglich dem Infrarotlicht annähern sollte. Um in einer Rattenhaltung optimale Lichtverhältnisse zu gewährleisten, sollten Lichtspektrum und Beleuchtungsstärke unter Bedachtnahme auf diese neuen Erkenntnisse überprüft werden.

Temperatur

Nach der Empfehlung 2007/526/EG (Artspezifischer Teil A 2.2.) sollten Ratten in einem Temperaturbereich zwischen 20 °C und 24 °C gehalten werden. In der genannten Empfehlung wird auch auf den Temperaturunterschied zwischen den lokalen Temperaturen im Aufenthaltsbereich der Tiere einerseits und im Tierraum andererseits hingewiesen; in Käfigen mit festen Böden kann die Temperatur in einer Gruppe von Nagetieren trotz entsprechender Belüftung bis zu 6 °C über der Raumtemperatur liegen.

Zur Haltung von Ratten in IVC-Käfigen („individually ventilated cages“) liegen kaum publizierte Erfahrungen vor (GV-SOLAS 2017). Generell ist in Containment-Systemen und bei Haltung haarloser Tiere der Temperatur und anderen raumklimatischen Faktoren besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Um den Tieren die Möglichkeit zu geben, das Mikroklima zu kontrollieren und temperaturbedingten Stress zu vermeiden, müssen ihnen Nestmaterial und Nestboxen angeboten werden (Empfehlung 526/2007/EG; Gaskill & Pritchett-Corning 2015); allerdings ist darauf zu achten, dass Material, welches aus Fasern besteht, die Filter verstopfen kann (Key 2004).

Lärm

Da Lärm zur Abnahme der Aktivität und zu Stressreaktionen führen kann (Castelhana-Carlos & Baumans 2009; GV-SOLAS 2017), ist in den Tierräumen unnötiger Lärm generell zu vermeiden und unvermeidbarer Lärm so weit als möglich zu reduzieren. Nach den tierversuchsrechtlichen Bestimmungen müssen Tierräume erforderlichenfalls über eine angemessene Lärmisolation und Dämmung verfügen (§ 8 Abs. 3 TVV 2012).

Da Nagetiere sehr empfindlich auf Ultraschall reagieren und diesen zur intraspezifischen Kommunikation nutzen, gilt dies auch für Frequenzen > 20 kHz. Dabei ist zu bedenken, dass viele in Tierräumen oder Labors vorhandene Geräte (z.B. Rollwagen, PCs, Belüftungs- und Waschanlagen), aber auch Alltagsgegenstände (z.B. Schlüssel) und menschliche Aktivitäten (z.B. Käfigreinigung, schweres Atmen) Geräusche im Ultraschallspektrum emittieren und bei Ratten Stress auslösen können (Cloutier 2022). Da Ultraschall das Verhalten beeinflussen und die Fortpflanzungszyklen verändern kann, wird empfohlen, die akustische Umgebung in jeder versuchstierhaltenden Einrichtung über ein breites Frequenzspektrum und über längere Zeitabschnitte zu überwachen (Empfehlung 2007/526/EG), um Geräusche – einschließlich Ultraschall – in der Haltungsumgebung der Tiere zu erkennen und in der Folge Maßnahmen zu ihrer Minimierung oder Vermeidung ergreifen zu können (Castelhana-Carlos & Baumans 2009).

Zudem ist in der Laborhaltung von Ratten zu beachten, dass die Kommunikation der Tiere die einzelnen Käfige überschreitet. So zeigten Ratten Anzeichen von Stress, wenn Artgenossen im Tierraum durch Dekapitation getötet wurden (Sharp et al. 2002, 2003). Auch meiden Ratten Bereiche, in welchen Artgenossen Alarmschreie (22 kHz) ausgestoßen haben (Wöhr & Schwarting 2007).

Anreicherung der Haltungsumwelt mit sensorischen Reizen

Geeignete sensorische Reize können gezielt zur Steigerung des Wohlbefindens von Tieren und damit auch zur Verbesserung der Forschungsergebnisse eingesetzt werden; dies setzt freilich die Vertrautheit mit der arttypischen Sinneswahrnehmung von Ratten voraus (Burn 2008).

Visuelles Enrichment

Da Ratten dämmerungs- und nachtaktiv sind, ist ihr Sehvermögen verhältnismäßig schlecht entwickelt (Brudzynski & Fletcher 2009). Ratten ziehen es vor, sich tagsüber in dunklen Bereichen aufzuhalten; als visuelles Enrichment sollten ihnen daher auch unter Laborbedingungen verschiedene abgedunkelte Bereiche angeboten werden. Lichtintensität und Tag-Nacht-Rhythmus sollten während der gesamten Dauer, welche die Ratten in einer Einrichtung verbringen, konstant bleiben, da die Anfälligkeit der Netzhaut von Ratten durch Veränderungen dieser Parameter erhöht werden kann (Castelhana-Carlos & Baumans 2009). Daher wird es als problematisch erachtet, dass die Aufzucht von Ratten idR unter anderen Bedingungen erfolgt als die spätere Haltung in den Forschungseinrichtungen, welche die Ratten häufig erst als erwachsene Tiere ankaufen (Cloutier 2022).

Die Möglichkeit, die Haltungsumgebung von Ratten durch visuelle Stimuli anzureichern ist daher sehr eingeschränkt. Auch die Verwendung visueller Reize im Rahmen von Verhaltenstests (z.B. Morris Water Maze Test) wird aufgrund der Kurzsichtigkeit von Ratten hinterfragt (Cloutier 2022).

Die Besonderheiten des Sehsinns der Ratte sind auch im Umgang mit den Tieren zu beachten (vgl. Abschnitt „Sozialkontakt zu Menschen“).

Olfaktorisches Enrichment

Als dämmerungs- und nachtaktive Tiere nutzen Ratten vor allem chemische Signale, insbesondere Urin und Pheromone, zur Kommunikation (Burn 2008). Sie besitzen spezielle Duftdrüsen und geben z.B. Informationen über Nahrung, Umgebung und Gefahren durch Duftreize weiter. Der olfaktorischen Umgebung von Ratten kommt daher große Bedeutung im Zusammenhang mit Stressminimierung zu. Beim

Einbringen von Gerüchen in die Rattenunterkunft ist Vorsicht geboten, weil das Auftreten unerwünschter Effekte (z.B. Aggression, Stress, Frustration) nicht ausgeschlossen werden kann (Winnicker et al. 2016). Auch der nicht beabsichtigte Eintrag fremder Gerüche (z.B. Parfums, Reinigungsmittel) sollte möglichst vermieden werden (Cloutier 2022).

Bei der Reinigung von Tierunterkünften sollte grundsätzlich darauf geachtet werden, dass ein Teil der Geruchsumgebung erhalten bleibt (Castelhano-Carlos & Baumans 2009); auch stark riechende Reinigungsmittel sind zu vermeiden. Werden Ratten in stabilen Gruppen gehalten, so scheint die Disruption der Geruchsumgebung die Tiere jedoch weniger zu beeinträchtigen als Neuheit und Handling (Burn et al. 2006; Burn & Mason 2008). Das Umsetzen in einen neuen Käfig ist für Ratten besonders stressreich, wenn dies während der Ruhephase der Tiere erfolgt (Abou-Ismaïl et al. 2008).

Ratten produzieren in Stresssituationen Alarmgerüche und können auch am Geruch einer Testvorrichtung feststellen, ob Artgenossen, die sich zuvor darin befunden haben, positive oder aversive Erfahrungen gemacht haben (Burn 2008); um Stress und die Verzerrung der Versuchsergebnisse zu minimieren, sollten Geruchsspuren und Pheromone an Testapparaturen daher nach jedem Tier mit alkoholbasierten Reinigungsmitteln beseitigt werden (Pritchett-Corning 2015).

Zu einer allfälligen Enrichment-Funktion von Gerüchen liegen bislang soweit ersichtlich keine Untersuchungen vor.

Akustisches Enrichment

Ratten sind in der Lage, Frequenzen von 250 Hz bis 80 kHz wahrzunehmen, wobei die größte Empfindlichkeit des Gehörs in einem Frequenzbereich zwischen 8 und 38 kHz bzw. 12 und 25 kHz liegt (Schleif 2001). Der Hörsinn von Ratten ist dem des Menschen somit überlegen, und zwar sowohl im menschlichen Hörbereich als auch im Bereich hoher Frequenzen (Ultraschall), der ein effizientes Kommunikationsmittel im Nahbereich und innerhalb des Baues darstellt (Brudzynski & Fletcher 2009).

Zwischen Vokalisationen im Ultraschallbereich und der Gefühlslage von Ratten besteht ein deutlicher Zusammenhang (Burgdorf et al. 2020). Während 22 kHz bei aversiven Ereignissen (z.B. agonistischen Interaktionen, chronischen Schmerzen oder in bedrohlichen Situationen) ausgestoßen werden (Brudzynski & Ociepa 1992; Litvin et al. 2010), reagieren Ratten auf positive Erfahrungen (z.B. Spielverhalten, spielerisches Handling) mit Lautäußerungen im Bereich von 50 kHz (Cloutier 2022). Dementsprechend fühlen sich Ratten auch von Playbacks dieser Frequenz angezogen (Knutson et al. 2002; Burgdorf et al. 2005; Wöhr et al. 2008; Brudzynski 2009).

Lautäußerungen im Hörbereich des Menschen (< 20 kHz) erfolgen im Zusammenhang mit agonistischen Auseinandersetzungen und defensivem Verhalten sowie bei Unbehagen und Schmerz (Kaltwasser 1990; Blanchard et al. 1986; Brudzynski 2009). Die Systematisierung von Ultraschall-Lautäußerungen von Ratten ermöglicht es chronische Schmerzen zu beurteilen (Burgdorf et al. 2019).

Da eine Geräuschkulisse plötzliche Geräusche maskieren kann, wird mitunter empfohlen, in den Tierräumen leise Hintergrundmusik abzuspielen, doch ist der Nutzen dieser Maßnahme im Hinblick auf Ratten unklar (ARRP 2007; Castelhana-Carlos & Baumans 2009). Erste Untersuchungen zeigten, dass Ratten auf Musik verschiedener Komponisten (Mozart versus Ligeti) unterschiedlich reagierten (Lemmer 2009; Xing et al. 2016). Zwar sind keine negativen Auswirkungen von „moderater Musik“ auf Ratten bekannt (GV-SOLAS 2017), doch bevorzugten Ratten in einer Untersuchung von Krohn et al. (2011) Stille gegenüber dem Abspielen von Radioprogrammen.

In einer an Mäusen durchgeführten Untersuchung verlängerte sich die Lebensspanne von Tieren, die in einer mit Naturlauten (Geräuschkulisse eines Regenwaldes) angereicherten Umgebung gehalten wurden, um nahezu 17 %, was die Autoren mit vermehrter Aktivität und verändertem Sozialverhalten (Verringerung sozialer Konflikte) in Verbindung brachten (Yamashita et al. 2018). Obwohl die Annahme naheliegt, dass sich Naturlaute auch auf andere Arten von Nagetieren positiv auswirken könnten, liegen im Hinblick auf Ratten soweit ersichtlich bislang keine entsprechenden Untersuchungen vor. Zu beachten ist jedenfalls, dass ein Hintergrundgeräusch bei höherer Lautstärke selbst zum Stressor werden kann.

Nach den tierversuchsrechtlichen Bestimmungen müssen versuchstierhaltende Einrichtungen über Alarmsysteme verfügen, deren Töne – sofern dies möglich ist – außerhalb des Hörbereichs der Tiere liegen (§ 8 TVV 2012); in diesem Zusammenhang sei auf ein bereits in den 1970er Jahren beschriebenes, für Ratten und Mäuse nicht hörbares Feueralarm-System hingewiesen (Clough & Fasham 1975).

Tastsinn

Taktile Reize spielen für Ratten als dämmerungs- und nachtaktive Tiere eine außerordentlich wichtige Rolle; Kopf, Extremitäten und Schwanz von Ratten sind mit Tastrezeptoren ausgestattet (Cloutier 2022). Berührungsreize werden von der Ratte an der gesamten Körperoberfläche wahrgenommen.

Die Vibrissen der Ratte sind ähnlich empfindlich wie die Fingerspitzen von Primaten (Koolhaas 2010); sie dienen der Orientierung bei Dunkelheit und im Bau, aber auch der sozialen Interaktion, was in der Laborhaltung und im Rahmen von Enrichment-Maßnahmen berücksichtigt werden sollte (Cloutier 2022).

Enrichment durch Sozialkontakte

Enrichment durch Sozialkontakte (Animate Enrichment) umfasst alle nicht auf Objekte oder Sinnesreize bezogenen Maßnahmen, die zur Erhöhung der Lebensqualität sozial lebender Tiere beitragen; auch Managementmaßnahmen zählen zu dieser Gruppe von Enrichment-Strategien.

Kontakt zu Artgenossen

Ratten sind hochsozial und äußerst lernfähig (Calhoun 1963). In natürlicher Umgebung leben Ratten in Kolonien, deren Zusammensetzung und Größe sehr unterschiedlich sind (Calhoun 1963); so kann eine Kolonie aus nur einem Zuchtpaar und seinen Nachkommen bestehen oder mehrere hundert Individuen umfassen (Winnicker et al. 2016). Männliche und weibliche Tiere leben in verschiedenen sozialen Systemen, meist sind mehrere (bis zu sechs) Weibchen mit der Aufzucht beschäftigt (Calhoun 1963). Weibliche Tiere sind zwar weniger aggressiv, doch verteidigen sie Nest und Aufzucht (Hurst et al. 1998). Männliche Ratten sind – abhängig von der Populationsdichte – territorial oder despotisch; bei hoher Populationsdichte bilden sie eine strenge Hierarchie, in der ein Männchen einen Bau mit mehreren Weibchen und untergeordneten Geschlechtsgenossen beherrscht (Calhoun 1963; Winnicker et al. 2016). Ist die Hierarchie unter mehreren Männchen etabliert, so nimmt die Aggression ab (Hurst et al. 1997).

Ratten leben polygynandrisch, sodass Wurfgeschwister verschiedene Väter haben können; dies dient dem Schutz der Weibchen und der Jungtiere, da ein Wurf von einem Männchen, mit dem sich das Weibchen gepaart hat, idR nicht angegriffen wird.

Domestizierte Ratten zeigen zwar weniger Aggression als ihre wilden Vorfahren (Modlinska & Pisula 2020), doch reagieren adulte männliche Ratten auf unbekannte männliche Artgenossen und in Anwesenheit empfängnisbereiter Weibchen aggressiv (Blanchard et al. 1988). In stabilen Gruppen eingeschlechtlicher Tiere zeigen Ratten im Allgemeinen geringe Aggression. Die Gruppenhaltung wird daher auch vom US-amerikanischen National Research Council (2011) empfohlen. Die Haltung von Gruppen weiblicher und männlicher Ratten sollte daher den Regelfall darstellen, wobei sich die Bildung der Gruppen aus Wurfgeschwistern als günstig erweist (Koolhaas 2010). Soziale Deprivation nach dem Absetzen verhindert soziales Spiel und führt zu Störungen des sozialen, sexuellen und aggressiven Verhaltens (Gerall et al. 1967; Takahashi 1986; Einon & Potegal 1991). Werden solche Tiere im Erwachsenenalter in Gruppen gehalten, so zeigen sie Angst sowie Defizite im Lern- und im Bewegungsverhalten (Koolhaas 2010; Zorzo et al. 2019), doch gibt es Hinweise darauf, dass einige der durch Einzelhaltung verursachten Verhaltensdefizite reversibel sind, d.h. durch Resozialisierung teilweise behoben werden können (Begni et al. 2020).

Auch in der Laborhaltung zeigen Ratten eine hohe Motivation, den Sozialkontakt zu Artgenossen aufrecht zu halten: in einer Untersuchung von Patterson-Kane et al. (2002) war die Vorliebe für Sozialkontakt zu Artgenossen stärker ausgeprägt als die Präferenz für größere Käfige.

Im Labor werden Ratten idR in Paaren oder eingeschlechtlichen Gruppen gehalten. Im Vergleich zu Paar- und Einzelhaltung zeigen Ratten eine Vorliebe für Gruppen, die 3–6 Tiere (Patterson-Kane et al. 2002) bzw. 3–5 Tiere (GV-SOLAS 2017) umfassen. Die Gruppengröße hat Auswirkungen auf die Gehirnentwicklung der Tiere (Pellis et al. 2010) und auf Verhaltensreaktionen in Tests (Botelho et al. 2007). Botelho et al. (2007) zeigten, dass sowohl die Haltung von Ratten in zu großen Gruppen als auch die paarweise Unterbringung und Einzelhaltung der Tiere angstauslösend wirken und empfehlen daher, dies bei der Durchführung und Auswertung von Verhaltenstests zu berücksichtigen; darüber hinaus sollten diese Hinweise jedoch zum Anlass genommen werden, die Einzelhaltung zu vermeiden (GV-SOLAS 2017). Da auch das Enrichmentpotential der Haltung in Paaren der Gruppenhaltung von Ratten unterlegen ist (Cloutier 2022), sollte die Gruppengröße so optimiert werden, dass sowohl den sozialen Bedürfnissen der Tiere als auch den Laborbedingungen möglichst weitgehend entsprochen wird.

Hurst et al. (1999) zeigten, dass die individuelle Zusammensetzung einer Gruppe vor allem bei weiblichen Ratten das Wohlbefinden stärker beeinflusst als die Gruppengröße. Die Zusammensetzung stabiler Gruppen sollte nach Möglichkeit nicht verändert werden (ARRP 2007); werden Tiere aus einer stabilen Gruppe entfernt, so zeigen die im Käfig verbliebenen Tiere Anzeichen von Stress (Burman et al. 2008a). Allerdings müssen auch stabile Gruppen im Hinblick auf das Auftreten von Verhaltensänderungen und Aggressionen überwacht werden, wobei der Unterscheidung zwischen spielerischen und „echten“ Kämpfen besondere Aufmerksamkeit zu widmen ist (ARRP 2007).

Bei ausreichendem Platzangebot üben in Gruppen gehaltene Ratten eine Reihe sozialer Aktivitäten, z.B. Spielverhalten und wechselseitige Körperpflege (Allogrooming), aus (Aldridge 2004; Pellis & Pellis 2004; Pinelli et al. 2017). Allogrooming findet zwischen Müttern und ihren Nachkommen, aber auch zwischen adulten Tieren statt und dient neben hygienischen Zwecken vor allem der Pflege und Festigung sozialer Beziehungen (Spruijt et al. 1992). Nach dem Aufwachen und nach der Futteraufnahme zeigen in Gruppen gehaltene Ratten gemeinschaftliches Autogrooming (Sachs 1988); allerdings kann dieses Verhalten kontextabhängig auch als Übersprungshandlung oder bei Angst auftreten (Pritchett-Corning 2015).

Auch das Spielverhalten etabliert und festigt die sozialen Bindungen (Cloutier 2022); spielerisches Kämpfen ist vor allem für Jungtiere (etwa ab dem 17. Lebensstag)

typisch (Panksepp 1981; Pellis & Pellis 2004; Pinelli et al. 2017), es tritt aber auch unter adulten Tieren auf (Panksepp 1981; Pellis 2002). Spielerischer und echter Kampf unterscheiden sich durch die angegriffenen Körperteile: Während der Angriff beim Spiel auf den Nacken gerichtet ist, wird beim echten Kampf der Rumpf des Gegners attackiert (Pellis & Pellis 1997). Die Ausübung des Spielverhaltens erfüllt mehrere Funktionen: Es dient der Etablierung einer Rangordnung (Pellis et al. 2010), fungiert als Ventil für Emotionen (Spinka et al. 2001), erhöht die Widerstandskraft gegen Depression und Angst (Burgdorf et al. 2020) und festigt soziale Beziehungen zwischen adulten Tieren (Pellis 2002).

Schließlich zeigen mehrere Untersuchungen, dass Ratten sich ausgeprägt prosozial verhalten, wenn es darum geht, einen Artgenossen aus einer Stresssituation zu befreien; da die Motivation zur Hilfeleistung höher war als die Triebkraft, an eine Futterbelohnung zu gelangen, kann auf Empathie-ähnliche Gefühle von Ratten geschlossen werden (Bartal et al. 2011; Sato et al. 2015).

Wie bereits im Zusammenhang mit der Bodenbeschaffenheit erwähnt, ist die Unterbringung in Stoffwechsellkäfigen für Ratten äußerst stressreich (Gill et al. 1989) und daher mit erheblicher Belastung verbunden. Die Einzelhaltung beeinflusst Physiologie und Verhalten der Ratten, wobei das Ausmaß der Auswirkungen von der Art der Haltungsumgebung (z.B. Käfigtyp) und von den sonstigen Haltungsbedingungen abhängt (Faith et al. 2006). Untersuchungen zeigten, dass die Einzelhaltung bei Ratten Angst auslöst (Botelho et al. 2007) und die Ergebnisse pharmakologischer Versuche (z.B. des LD50-Tests) beeinflusst (Faith et al. 2006). Obwohl Objekte den Sozialkontakt nicht ersetzen können (Cloutier 2022), sollte – im Fall einer unumgänglichen Einzelhaltung – versucht werden, das damit verbundene Defizit zumindest teilweise durch mehr Enrichment auszugleichen. Interaktion mit Menschen, die soziales Spiel unter Ratten simuliert (z.B. „rat tickling“, s.u. Abschnitt „Kontakt zu Menschen“), sollte gezielt als soziales Enrichment eingesetzt werden (Cloutier et al. 2013).

Kontakt zu Menschen

Zwar haben auch domestizierte Ratten ihre Angst vor dem Menschen behalten, doch ist diese weniger stark ausgeprägt als bei der Wildform; bei rattengerechtem Umgang fassen die Tiere rasch Vertrauen zu ihren Betreuern (Makowska 2021).

Da schon die ersten Eindrücke die Erwartungshaltung der Tiere beeinflussen, sollte bereits bei ihrer Anlieferung in der Forschungseinrichtung darauf geachtet werden, Stress zu minimieren und möglichst positiv mit den Tieren zu interagieren (LaFollette 2021). Ein rattengerechter Umgang mit den Tieren setzt voraus, dass das Personal mit dem Normalverhalten der Spezies bestens vertraut ist und, z.B. beim Betreten

des Tierraums und bei der Annäherung an die Käfige, auf die artspezifischen Sinneswahrnehmungen der Tiere Bedacht nimmt. Bei der Annäherung an die Tiere und bei ihrem Handling ist z.B. zu berücksichtigen, dass Ratten schlecht fokussieren können, aber ein weiteres Gesichtsfeld haben als der Mensch (Burn 2008; Winnicker et al. 2016); das Bewegungssehen der Ratte ist dem des Menschen deutlich überlegen (Pritchett-Corning 2015).

Die Bedeutung einer positiven Beziehung zwischen Laborratten und ihren Betreuungspersonen wurde bereits in den 1920er Jahren erkannt: Greenman und Duhring (1923) betonten, dass „individual attention, shown by handling and petting is essential for the best growth of albino rats and for securing uniform reactions when used as research animals.“ Sie folgerten daraus, dass „taming the colony or maintaining it in a condition of fearless contentment is not only economically desirable, but scientifically essential.“ Da Vertrautheit mit den menschlichen Bezugspersonen nicht nur das Wohlbefinden von Laborratten erhöht, sondern auch zur Verbesserung der Versuchsergebnisse und zur Arbeitszufriedenheit des Personals beiträgt (Prescott & Lidster 2017; LaFollette 2021), kommt dem Enrichment durch positive Interaktion mit Menschen große Bedeutung zu.

Behutsames Handling vor und nach dem Absetzen beeinflusste das Verhalten von Ratten positiv, reduzierte Stress und verbesserte die Lernfähigkeit und das Gedächtnis der Tiere (Siviy 2018). Maurer et al. (2008) führten ein zweiwöchiges Gentling-Programm an Ratten durch, nachdem diese im Alter von 21 Tagen von einer Zuchteinrichtung gekauft worden waren; die Tiere der Versuchsgruppe (12 weibliche Wistar-Ratten) wurden zweimal täglich für die Dauer von jeweils 10 Minuten sanft am ganzen Körper berührt und von Hand mit Cornflakes gefüttert, während leise mit ihnen gesprochen wurde. Die Ergebnisse der anschließend an den Tieren durchgeführten Verhaltensbeobachtungen und Tests zeigten, dass die Versuchsgruppe, d.h. jene Ratten, die am Gentling-Programm teilgenommen hatten, weniger ängstlich reagierten und sich umgänglicher gegenüber Menschen verhielten. Besonders bemerkenswert ist, dass diese Effekte noch 6 Monate nach dem Abschluss des Programms nachweisbar waren und sich nicht auf jene Personen beschränkten, die das Gentling durchgeführt hatten. Zwar sind Ratten sehr wohl in der Lage, einzelne Personen zu unterscheiden, doch waren die „gehandelten“ Tiere auch gegenüber fremden Personen zahmer als die Kontrollgruppe (Maurer et al. 2008). Da das Gentling besonders effektiv sein dürfte, wenn es an Jungtieren erfolgt, erweist es sich auch in diesem Zusammenhang als problematisch, dass Ratten von Versuchseinrichtungen häufig erst als erwachsene Tiere angekauft werden (Cloutier 2022).

Ratten reagieren auf Gerüche verschiedener Personen unterschiedlich (Burn 2008). Zu beachten ist auch, dass Ratten die Personen, von denen sie

„gehandelt“ werden, markieren (Cloutier 2022). Stressantworten auf Gerüche von Raubfeinden wurden auch an Ratten in Laborhaltung nachgewiesen (Blanchard et al. 1990). Dies ist z.B. zu bedenken, wenn Ratten von Personen betreut werden, die z.B. Katzen als Heimtiere halten (Dielenberg & McGregor 1999; Dielenberg et al. 2001).

Als Habituationstechniken kommen vor allem Berührungen, Streicheln und Hochheben sowie das Ansprechen der Tiere und das Anbieten von Futterbelohnungen in Frage, wobei empfohlen wird, dies über einen Zeitraum von 14 Tagen ca. 20 Minuten täglich zu praktizieren (Maurer et al. 2008). Das spielerische Kitzeln einer in Rückenlage befindlichen Ratte in der Bauchregion („rat tickling“), kann Ratten an die Interaktion mit Menschen gewöhnen und positive Gefühle hervorrufen (Cloutier et al. 2013; LaFollette et al. 2017; Makowska 2021). Diese Form des sozialen Enrichments, die intraspezifisches Sozialverhalten imitiert, sollte insbesondere bei einzeln gehaltenen Ratten zur Anwendung kommen (LaFollette et al. 2018).

Der fachkundigen Betreuung von Ratten kommt größte Bedeutung zu; bei Laborratten sind die Gewöhnung an Menschen und regelmäßiges Handling vor allem auch für die stressarme Durchführung experimenteller Maßnahmen und zur Erzielung valider Versuchsergebnisse wichtig. So konnte z.B. gezeigt werden, dass das „rat tickling“ vor einer intraperitonealen Applikation die damit verbundenen negativen Empfindungen abschwächt (Cloutier et al. 2014; Cloutier et al. 2015). Vor der Durchführung von Operationen sollte von der Maßnahme allerdings Abstand genommen werden, da die Tiere in dieser Phase Ruhe benötigen (Cloutier 2022).

Training

Ratten waren die erste Tierart, die Anfang des 20. Jh. in Verhaltensexperimenten eingesetzt wurde (Lindsey & Baker 2006). Aufgrund ihres Sozialverhaltens, ihrer hohen Anpassungsfähigkeit und ihrer kognitiven Fähigkeiten eignen sich Ratten besonders für kognitionspsychologische Untersuchungen. Klassische und operante Konditionierung sollte daher auch im Rahmen der Haltung gezielt zur Verbesserung des Wohlbefindens von Ratten angewandt werden.

Obwohl auch die tierversuchrechtlichen Bestimmungen die Erstellung von „Eingewöhnungs- und Trainingsprogrammen“ anordnen, die für die Tiere, für die Versuche und für die Dauer des Projekts geeignet sind (§ 16 TVV 2012), werden sie nur selten zur Habituation von Laborratten eingesetzt, da dies die begrenzten Zeit- und Personalressourcen in Anbetracht der kurzen Versuchs- bzw. Verwendungsdauer der Tiere übersteigen würde (Cloutier 2022). Unberücksichtigt bleibt bei dieser Argumentation freilich, dass Trainingsmaßnahmen, insbesondere die Gewöhnung der Tiere an das Handling, auch die Qualität der Forschungs-

ergebnisse verbessert (Brudzynski & Ociepa 1992; Key 2004; Simpson & Kelly 2011).

Reinhold et al. (2019) zeigten, dass Ratten lernen, mit dem Personal Verstecken zu spielen, was dazu genutzt werden kann, Ratten – ähnlich wie nichtmenschliche Primaten – zur Kooperation, z.B. zum Aufsuchen eines anderen Käfigs durch einen Tunnel, zu bewegen (Leidinger et al. 2018; Cloutier 2022). Ein schwedisches Forschungsinstitut entwickelte ein Trainingsprogramm, in dem alle an der Einrichtung angelieferten Tiere an das Handling und an bestimmte experimentelle Praktiken (z.B. Blutabnahme aus der Schwanzvene) habituiert werden (RISE oJ). Schließlich hat sich auch das Clicker-Training bei Ratten bewährt; so wurde es z.B. erfolgreich angewandt, um Ratten bei der Käfigreinigung zu kooperativem Verhalten zu bewegen (Leidinger et al. 2018).

Das Training dient auch der Sicherheit des Personals, da es bei Abwehrbewegungen der Ratten zu Verletzungen (z.B. Kratzern) kommen kann (Cloutier 2022). Trainingsmaßnahmen sollten ausschließlich belohnungsbasiert erfolgen (ARRP 2007) und bereits vor dem Versuchsbeginn durchgeführt werden (Gärtner et al. 1980; Hurst & West 2010), wobei die Ratten vorsichtig und schrittweise an das Handling gewöhnt werden müssen, um Stress zu minimieren.

Unter Bedachtnahme auf das Tierversuchsrecht (RL 2010/63/EU, Anhang III, Teil A, 3.7.; § 16 TVV 2012) und die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Vorteile, die ein Training von Versuchstieren mit sich bringt, sollten grundsätzlich in jeder Forschungseinrichtung Trainingsprogramme implementiert werden; ein tierschutzkonformes und erfolgreiches Training setzt allerdings voraus, dass es von erfahrenen Personen durchgeführt wird, welche mit den Lerntheorien vertraut sind und diese auch in der Praxis an der jeweiligen Spezies fachgerecht anwenden können (Sørensen et al. 2021a,b). Zum tierschutzkonformen Handling und Training von Ratten vgl. z.B. NC3Rs, Webinar „Handling and training of mice and rats for low stress procedures“ sowie „Techniques Training: Rat“ (AALAS 2013).

Handling-Techniken (Hochheben)

Das Hochheben von Versuchstieren ist eine Maßnahme des Routine-Handlings, die mit vermeidbarem Stress verbunden ist, wenn sie nicht tierschutzkonform erfolgt. Im Hinblick auf Mäuse wurde nachgewiesen, dass das Hochheben der Tiere am Schwanz unnötige Belastungen verursacht, die durch Alternativen, insbesondere durch das „Cup- oder Tunnel-Handling“, vermieden werden können (NC3Rs 2023). Im Hinblick auf Ratten wurde diese Problematik hingegen nur selten thematisiert. Eine in 26 Ländern durchgeführte Befragung von in Tierversuchseinrichtungen tätigen Betreuungspersonen ergab, dass das „tail lifting“ von Ratten mit 11 % die dritthäufigste Methode zum Hochheben von Ratten darstellte; am häufigsten werden

Ratten durch einhändiges Umfassen im Bereich der Schulterregion (39 %), am zweithäufigsten durch Unterstützung der Brust- und Bauchregion (20 %) hochgehoben (Burn et al. 2023). Da Ratten, die am Schwanz angehoben werden, Anzeichen von Stress (Defäkieren) und Angst (eingeschränktes Explorationsverhalten) zeigen und zudem die Gefahr einer Verletzung besteht (Kemp 2000; Deacon 2006), sollte von dieser Methode Abstand genommen werden (Burn et al. 2023). Auch die am häufigsten angewandte Technik, das Hochheben mit einer Hand durch Umfassen der Schulterregion („Rückengriff“, „shoulder saddle“), ist vermutlich aversiv, da die Ratten hierbei von oben ergriffen werden, ohne Unterstützung von unten zu erhalten. Obwohl es mehrere Methoden gibt, Ratten tierschutzkonform hochzuheben (z.B. Tunnel-Methode sowie Methoden, bei denen die Betreuungsperson die Ratte von unten unterstützt; vgl. Abbildungen in Burn et al. 2023), werden sowohl das „tail lifting“ als auch der „Rückengriff“ weiterhin gelehrt (Burn et al. 2023).

Enrichment durch Managementmaßnahmen

Forschungsergebnisse zeigen, dass alle Umweltfaktoren (Makro- und Mikroklima) und haltungstechnischen Maßnahmen das Wohlbefinden von Ratten – und damit auch die Qualität der Forschungsergebnisse – günstig oder nachteilig beeinflussen können; es ist daher unverzichtbar, sämtliche die Tierhaltung und Versuchsdurchführung betreffenden Maßnahmen sorgfältig und unter Berücksichtigung von Wechselwirkungen zu planen (Cloutier 2022). Tieren, die aus anderen Einrichtungen (z.B. von Züchtern) bezogen werden, sollte ausreichend Zeit zur Eingewöhnung eingeräumt werden; eine Untersuchung von Arts et al. (2014) weist darauf hin, dass Ratten bis zu zwei Wochen benötigen, um sich an neue Umgebungsbedingungen zu akklimatisieren.

Tagesroutine

In ihrem Übersichtsartikel zur Belastung von Ratten durch Routinemaßnahmen wie Käfigreinigung und Verbringung der Tiere zwischen verschiedenen Räumlichkeiten einer Einrichtung (z.B. vom Tierraum in ein Labor) weisen Castelhana und Baumans (2009) darauf hin, dass „it is obvious that ‚simple‘ routine procedures cannot be considered as non-stressful for the animals, even when best practices are adopted and the housing conditions are the most adequate for the animal species.“ So zeigte z.B. eine von Dallmann et al. (2006) durchgeführte Untersuchung einen deutlichen Anstieg von Stresshormonen, wenn Ratten in ihrem Käfig vom Tierraum in den Testraum verbracht wurden; die Autoren empfehlen daher, den Tieren nach einem solchen Raumwechsel eine Habituerungsphase von mindestens 120 Minuten einzuräumen, um einer Beeinflussung der Versuchsergebnisse entgegenzuwirken.

Da Ratten dämmerungs- und nachtaktiv sind, sollten menschliche Einwirkungen auf die Tiere tagsüber, d.h. während der Ruhe- und Schlafphase der Ratten, minimiert werden; Handling und experimentelle Maßnahmen sollten möglichst in der Aktivitätsphase erfolgen (Burn 2008; Cloutier 2022).

Bereits routinemäßige Pflegemaßnahmen und Vorbereitungshandlungen (z.B. das Aufziehen einer Injektionslösung) führen bei Labortieren zu Stress und Angst (Moyal 1999; Balcombe et al. 2004). Während unvorhersehbare Ereignisse bei Tieren zusätzlichen Stress auslösen können (Hanson et al. 1976; Wiepkema & Koolhaas 1993), vermittelt ihnen ein geregelter, vorhersehbarer Tagesablauf Sicherheit (Taylor & Mills 2007; Hirsch et al. 2014). Obwohl die Auswirkungen einer Abweichung von der Tagesroutine komplex sind und von der betroffenen Spezies sowie von den jeweiligen Umständen abhängen, sollte nach Möglichkeit alles unterlassen werden, was zu Verzögerungen im gewohnten Tagesablauf führt und die Vorhersehbarkeit von Ereignissen für die Tiere einschränkt, da dies deren Wohlbefinden nachteilig beeinflussen kann (Bassett & Buchanan-Smith 2007). Um Erregungszustände durch ein unvorhersehbares oder ungewohntes Procedere zu vermeiden, sollten Kontroll-, Versorgungs- und Pflegemaßnahmen nach einem genau festgelegten Zeitplan sowie nach einem von der durchführenden Person unabhängigen, standardisierten Ablauf erfolgen.

Fütterung und Futter

Ratten sind äußerst anpassungsfähige Allesfresser; der Großteil ihrer Nahrung besteht aus Pflanzen, doch erbeuten Ratten auch Kleintiere wie z.B. Insekten (Cloutier 2022). Das Geschmacksempfinden von Ratten ähnelt dem des Menschen (Burn 2008).

Futtersuche und Nahrungsaufnahme erfolgen vorwiegend nachts; zur Aufnahme wird das Futter idR an einen sicheren Ort gebracht (Lawlor 2002). Die für Ratten typische Neophobie betrifft vor allem unbekannte Nahrung, die insbesondere in fremder Umgebung zunächst getestet wird (Barnett 1956); durch verschiedene Arten sozialer Interaktion wird erprobt, ob unbekanntes Futter genießbar ist (Galef et al. 2006).

Variation des Futters in Geschmack, Geruch, Textur und Darbietung kann als Enrichment eingesetzt werden, doch ist darauf zu achten, dass Übergewicht vermieden wird (Burn 2008). Unbekanntes Futter löst bei Ratten Neophobie aus, doch akzeptieren die Tiere es rasch, nachdem sie kleine Mengen davon getestet haben (Burn 2008).

Natürliches Verhalten kann in der Käfighaltung dadurch gefördert werden, dass ein Teil des Futters in der Einstreu verteilt wird (ARRP 2007), was die Tiere zur Futtersuche und zur Kommunikation mit Artgenossen anregt. Untersuchungen zeigten, dass Ratten auch dann bereit sind, sich Futter zu erarbeiten, wenn Nahrung frei zugänglich ist (Neuringer 1969; Carder &

Berkowitz 1970). Futter kann auch in Objekten („food puzzles“) angeboten werden (Johnson & Patterson-Kane 2004; Cloutier 2022).

Ratten zählen zu den Koprophagen; sie nehmen pro Tag etwa 35–40 % ihres Kotes zu sich; werden sie daran gehindert, so führt dies zu gesundheitlichen Schäden (Cree et al. 1986; Nováková & Babický 1989); auch aus diesem Grund sollten keine Drahtgitterböden verwendet werden (Cloutier 2022).

Bei operanter Konditionierung sollte das Futteraufnahmeverhalten der Ratten genutzt werden, um den Lerneffekt zu steigern. Als Alternative zum Nahrungs- oder Wasserentzug, der physiologischen Stress verursacht und zu Verhaltensänderungen führt (Heiderstadt et al. 2000), sollten Ratten besondere Futterbelohnungen angeboten werden, z.B. um sie zur Mitwirkung an Tests zu motivieren (Reinagel 2018).

Auch bei Gabe von Saffutter muss Ratten stets hygienisch einwandfreies Trinkwasser in ausreichender Menge zur Verfügung stehen (Schleif 2001).

Käfigreinigung

In mehreren Untersuchungen zeigten Ratten nach der Käfigreinigung einen deutlichen Anstieg von Stresshormonen, der besonders ausgeprägt war, wenn die Tiere nach der Käfigreinigung in einen anderen Raum verbracht wurden (Armario et al. 1986a,b). In einer anderen Studie wurde ein Anstieg des systolischen und diastolischen Blutdrucks sowie des mittleren arteriellen Drucks (MAD) festgestellt, nachdem Ratten in neue Käfige umgesetzt worden waren (Duke et al. 2001).

Die Reinigung der Käfige führt bei Nagetieren zu einer mehrstündigen Aktivierung des Herz-Kreislauf-Systems und zu vermehrter Aktivität, was als Stressantwort interpretiert wird (Burn et al. 2006); in einer Untersuchung zu den Auswirkungen verschieden langer Reinigungsintervalle zeigten Wistar- und Sprague-Dawley-Ratten mindestens 30 Minuten nach der Störung einerseits weniger Ruheverhalten und andererseits gesteigerte Nahrungsaufnahme und Lokomotion sowie vermehrtes spielerisches Gerangel; Ratten, deren Käfige häufiger gereinigt wurden, beruhigten sich rascher (Burn et al. 2006). Insgesamt gelangten Burn et al. (2006) zur Auffassung, dass das Wohlbefinden von Ratten durch die Käfigreinigung nicht intensiv beeinträchtigt wird. Saibaba et al. (1996) interpretieren den Aktivitätsanstieg nach der Käfigreinigung als Reaktion auf eine Störung oder auf die Änderung der (Geruchs-)Umgebung.

Kontrolle

Der Gesundheitszustand der Ratten ist ausreichend häufig zu kontrollieren, wobei das Personal mit dem artspezifischen Verhalten, mit dem Rat Grimace Scale (Sotocinal et al. 2011; NC3Rs 2015) und arttypischen klinischen Symptomen (vgl. z.B. Pritchett-Corning et al. 2011) vertraut sein muss.

Enrichment in der Zucht

Gemäß § 15 TVG 2012 dürfen die in § 19 TVV 2012 gelisteten Arten, darunter auch Ratten, grundsätzlich nur dann zu Versuchen herangezogen werden, wenn sie zu diesem Zweck gezüchtet wurden. Überzählige Nachkommen sind durch eine bedarfsorientierte Zuchtstrategie und den Einsatz von Kryokonservierung so weit wie möglich zu minimieren (Prinzip der Reduction).

Ratten werden konventionell (als Inzucht- bzw. Auszuchtstämme) gezüchtet; in zunehmender Anzahl werden auch gentechnisch veränderte Linien angeboten (GV-SOLAS 2017).

Weiblichen Ratten muss der Nestbau (z.B. durch eine geeignete Box und Nestmaterial, das selbständig eingetragen werden kann) ermöglicht werden. Trächtigen Ratten sollte eine größere Menge an geeignetem Substrat zur Verfügung stehen (Winnicker et al. 2016). In Käfigen mit zwei Abteilen oder Etagen verbringen die Muttertiere eine beträchtliche Zeit abgesondert von ihren Würfen (Ader & Grota 1970; Plaut 1974). In Standard-Laborkäfigen wird das Aufzuchtverhalten eingeschränkt, da die Mutter sich nicht von ihrem Wurf zurückziehen kann (Kelder 2014; Cloutier 2022); die oben beschriebene „press posture“ könnte ein Versuch sein, die fehlende Rückzugsmöglichkeit zu kompensieren (Cloutier 2022).

Da Aufzucht und subadulte Lebensphase einen prägenden Einfluss auf die weitere Entwicklung der Tiere haben, kommt den Haltungsbedingungen in dieser sensiblen Zeitspanne besondere Bedeutung zu. Das Absetzen sollte nicht vor dem 21. Lebenstag erfolgen; zu frühes Absetzen kann zu langfristigen Veränderungen in Bezug auf unterschiedlichste physiologische und verhaltensrelevante Parameter führen (Meaney et al. 1985). Auch die soziale Isolierung von subadulten Tieren kann verschiedene physiologische Parameter langfristig verändern (Kikusui et al. 2008), zu lebenslangen Verhaltensdefiziten und veränderter Stresssensibilität führen („Isolationssyndrom“) (Daskalakis et al. 2012; GV-SOLAS 2017; Begni et al. 2020) sowie das mütterliche Fürsorgeverhalten der weiblichen Nachkommen nachteilig beeinflussen (Weaver et al. 2004). Zu Bewegungsbedürfnis und Platzbedarf von Jungkratten vgl. den Abschnitt „Größe und Platzangebot“. Da Enrichment besonders effektiv ist, wenn Ratten bereits in einer angereicherten Haltungsumwelt aufwachsen (Kobayashi et al. 2002), sollten alle Zuchteinrichtungen entsprechende Protokolle implementieren.

Die Vergabe ehemaliger Versuchsratten im Rahmen des § 10 TVG 2012 ist im Hinblick auf genetisch veränderte Tiere generell ausgeschlossen und dürfte auch sonst eher selten in Betracht gezogen werden. Nach Makowska und Weary (2021) sollten in diesem Bereich größere Anstrengungen unternommen werden; sie berichten darüber, dass auch unzureichend an den Menschen gewöhnte, neun Monate alte Ratten nach dreiwöchiger intensiver Sozialisierung erfolgreich

als Heimtiere vermittelt werden konnten und weisen auf ein in Polen etabliertes Programm hin, in dessen Rahmen monatlich 40–50 kleine Labortiere in private Haltung vergeben werden. Größte Vorsicht ist jedoch im Hinblick auf die Vergabe von Albino-Ratten geboten, da diese aufgrund ihrer ausgeprägten Lichtempfindlichkeit besondere Haltungsbedingungen benötigen, die (auch) in privater Obhut nicht immer gewährleistet sind.

Kennzeichnung und Genotypisierung

Zwar wird die Anwendung der gelindesten Methode zur individuellen Kennzeichnung von Versuchstieren im Tierversuchsrecht ausdrücklich nur für Hunde, Katzen und nichtmenschliche Primaten angeordnet (§ 24 Abs. 1 TVG 2012), doch gilt diese Anforderung aufgrund des Refinement-Prinzips auch für alle anderen Arten von Versuchstieren (ARRP 2007). Auch die Empfehlung 2007/526/EG (Abschnitt 4.13., Kennzeichnung) sieht im Hinblick auf alle Tierarten vor, dass die „gewählte Kennzeichnungsmethode zuverlässig sein und dem Tier – sowohl bei der Anbringung als auch langfristig – möglichst wenig Schmerzen und Leiden verursachen [sollte]“. Soweit dies mit Dauer und Zweck des Versuchs vereinbar ist, sind daher primär nicht dauerhafte Kennzeichnungsmethoden wie verschiedene Arten nicht-toxischer Farbmarkierungen anzuwenden.

Müssen Ratten dauerhaft gekennzeichnet und genotypisiert werden, so ist primär eine Methode anzuwenden, die beide Zwecke erfüllt (z.B. Ohrlochung). Das Amputieren von Zehenendgliedern („toe tip-clipping“) und die Schwanzspitzenbiopsie sollten nach Möglichkeit vermieden werden (ARRP 2007).

Zur individuellen Kennzeichnung von Ratten eignen sich grundsätzlich auch Microchip-Transponder, doch weisen mehrere Untersuchungen darauf hin, dass Ratten und Mäuse dazu neigen, im Umfeld des Chips bösartige Tumore zu entwickeln (Dahlborn et al. 2013).

Großes Potenzial zum Refinement der Kennzeichnung von Labornagetieren hätten biometrische Methoden, wie z.B. die fotografische Erfassung des Blutgefäßmusters der Ohrmuschel, die es wie ein Fingerabdruck des Menschen ermöglicht, jedes einzelne Tier zweifelsfrei zu identifizieren (Cameron et al. 2007; Dahlborn et al. 2013).

■ **Schlussfolgerungen und Ausblick**

Ratten spielen in der tierexperimentellen Forschung eine bedeutende Rolle (European Commission 2019; BMBWF 2021ff.). Was die Wahl der Tierart betrifft, so ordnet das Tierversuchsrecht an, dass einerseits das für den jeweiligen Forschungszweck am besten geeignete Tiermodell zu wählen ist; andererseits müssen für ein konkretes Forschungsvorhaben jene Tiere herangezogen werden, welche „die geringste Fähigkeit zum Empfinden von Schmerzen, Leiden oder Ängsten

haben oder die geringsten dauerhaften Schäden erleiden (§ 6 Abs. 1 Z 3 bzw. Z 9 TVG 2012). Im Lichte dieser Bestimmung dürften Albino-Ratten aufgrund ihrer extremen Lichtempfindlichkeit und des hohen Risikos von Netzhautschäden nur ausnahmsweise zu Tierversuchen verwendet werden, wenn im Einzelfall überzeugend dargelegt werden kann, dass sie für ein konkretes Forschungsvorhaben besser geeignet sind als Farbratten.

Wie alle Tierarten haben Ratten, unabhängig davon, zu welchem Zweck sie gehalten werden, spezifische Bedürfnisse; diese sollten gerade in der Laborhaltung in bestmöglicher Weise befriedigt werden, da unzureichende Haltungsbedingungen nicht nur das Wohlbefinden der Tiere beeinträchtigen, sondern sich auch nachteilig auf die Forschungsqualität auswirken können. In der Praxis sollte den verhaltensbiologischen Eigenschaften und der arttypischen Sinneswahrnehmung von Ratten unter Laborbedingungen daher deutlich größere Bedeutung zugemessen werden, wobei nicht nur auf artspezifische Bedürfnisse, sondern auch auf die Besonderheiten des jeweiligen Zuchtstammes Bedacht zu nehmen ist.

Bereits Anfang der 1920er Jahre – d.h. dreieinhalb Jahrzehnte bevor der Begriff „3R“ von Russel und Burch (1959) geprägt wurde – war darauf hingewiesen worden, welche Bedeutung der bedürfnisgerechten Haltung von Laborratten auch unter Qualitätsaspekten zukommt (Greenman & Duhring 1923). Seit den 1970er Jahren wurden zahlreiche Untersuchungen über die tiergerechte Haltung von Ratten sowie über die negativen Auswirkungen unzureichender Haltungsbedingungen durchgeführt. Dennoch erlauben es die durch RL 2010/63/EU festgelegten Mindestanforderungen an die Haltung von Ratten sowie das abgeleitete nationale Recht nach wie vor nicht, dass die Tiere essentielle Verhaltensweisen ungehindert ausführen können. Zwar muss es Versuchstieren im Allgemeinen und Ratten im Besonderen nach den tierversuchsrechtlichen Vorschriften ermöglicht werden, eine breite Palette artspezifischer Verhaltensweisen auszuüben (RL 2010/63/EU, Anhang III; § 12 Abs. 2 TVV 2012), doch werden die Bedürfnisse von Ratten allenfalls ansatzweise befriedigt, wenn lediglich die Mindestanforderungen eingehalten werden (vgl. auch GV-SOLAS 2017). Die für die Haltung der Tiere verantwortlichen Einrichtungen (Verwender, Züchter und Lieferanten iSd TVG 2012) sind daher verpflichtet, die Diskrepanz zwischen den Mindestanforderungen einerseits und einer auf den wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhenden bedürfnisgerechten Haltung von Versuchstieren andererseits durch Maßnahmen des Haltungsrefinements zu überbrücken. Da das Tierversuchsrecht das Refinement der Haltungsbedingungen verbindlich anordnet, sind Enrichment-Strategien proaktiv und nicht erst dann zu ergreifen, wenn Tiere bereits Anzeichen von Verhaltensproblemen zeigen. Sie sollten daher nicht nur ausnahmsweise zur Anwendung kommen, sondern die

Regel darstellen und möglichst weit über die tierversuchsrechtlichen Mindestanforderungen hinausgehen. Forschungseinrichtungen sollten auch Anregungen aus Ratgebern aufgreifen, die sich, basierend auf den Erkenntnissen der Fachliteratur, mit Enrichment-Maßnahmen in der privaten Rattenhaltung befassen (vgl. z.B. Weiß-Geißler 2004; TVT 2014; Neville et al. 2022).

Da die Verbesserung der Haltungsbedingungen von Versuchstieren im Allgemeinen und Ratten im Besonderen in den letzten Jahrzehnten zunehmend Gegenstand des wissenschaftlichen Interesses wurde, liegen zahlreiche Publikationen vor, die sich mit den Auswirkungen verschiedener Enrichment-Maßnahmen befassen. Zu den wesentlichen Strategien des Refinements der Haltungsbedingungen zählen die Ausstattung und Anreicherung der Haltungsumwelt, soziales Enrichment und Managementmaßnahmen. Da Ratten offenbar in der Lage sind, Pflegepersonen von Fremden zu unterscheiden (Maurer et al. 2008) und konsistentere Versuchsergebnisse erzielt werden, wenn Ratten den Experimentator kennen (Driel & Talling 2005), ist grundsätzlich auch die Voraussetzungen für „Du-Evidenz“ (Geiger 1931) gegeben, sodass der individuellen Betreuung der Tiere größere Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte.

§ 7 a Abs. 2 Z 4 des deutschen Tierschutzgesetzes, welches auch die Rahmenbestimmungen für die Verwendung von Tieren zu Tierversuchen regelt, sieht ausdrücklich vor, dass es unzulässig ist, Versuchstieren aus Gründen der Arbeits-, Zeit- oder Kostenersparnis Schmerzen, Leiden oder Schäden zuzufügen; diese Bestimmung verpflichtet die Forschungseinrichtungen u.a. dazu, die Lebensbedingungen der Versuchstiere soweit zu optimieren als dies mit dem Forschungszweck vereinbar ist. Auch wenn eine vergleichbare Bestimmung im TVG 2012 fehlt, resultiert diese Verpflichtung aus der Zielbestimmung und den leitenden Grundsätzen des TVG 2012; zudem kann aus keiner tierversuchsrechtlichen Bestimmung abgeleitet werden, dass bei der Entscheidung über Maßnahmen des (Haltungs-) Refinements ökonomische Interessen zu berücksichtigen sind oder gar eine entscheidende Rolle spielen dürfen. In Anbetracht der weitreichenden und langfristigen Vorteile eines lediglich zwei Wochen umfassenden Gentling-Programms (Maurer et al. 2008) relativieren sich zudem die hierfür erforderlichen Personalkosten. Eine an der Ludwig-Maximilians-Universität München tätige Arbeitsgruppe ist derzeit damit befasst, ein praxistaugliches „Gentling-Verfahren“ zur Sozialisierung von Laborratten auf Menschen zu entwickeln (LMU oJ).

Eine vergleichende Untersuchung zu den Auswirkungen von Enrichment-Maßnahmen auf die Haltung von Laborratten zeigte, dass diese vor allem dann positive Effekte auf das Wohlbefinden der Tiere hatten, wenn sie nicht einzeln, sondern in kombinierter Form („multi-item-cages“) verwendet wurden (Abou-Ismaïl 2011). Wie für die Haltung von Tieren in Zoos empfohlen (Mellen & Sevenich MacPhee 2001), sollten versuchstierhaltende

Einrichtungen daher über ein Gesamtkonzept zum Enrichment der Haltungsbedingungen verfügen, das auf den aktuellen Erkenntnissen über die spezifischen Bedürfnisse der gehaltenen Tierart(en) beruht und in dessen Entwicklung, Implementierung und Evaluierung das jeweilige Tierschutzgremium eingebunden wird. Eine besonders stark strukturierte Haltungsumwelt („Super-Enrichment“) beeinflusst insbesondere dann, wenn die Tiere bereits in einer solchen Umgebung aufwachsen, neuro- und verhaltensbiologische sowie stressphysiologische Parameter; sie vermindert Ängstlichkeit, verkürzt Stressreaktionen und erhöht die Resilienz der Tiere (Simpson & Kelly 2011; Wheeler et al. 2014; Crofton et al. 2015). Wie bereits im Zusammenhang mit der Sinnesphysiologie erwähnt, weisen verschiedene Rattenstämme z.T. deutlich unterschiedliche Bedürfnisse und Verhaltensweisen auf; da die mangelnde Berücksichtigung der stammspezifischen Ansprüche nicht nur tierschutzwidrig ist, sondern auch zu falschen Schlussfolgerungen in experimentellen Verfahren führen können (Stryjek et al. 2013), ist sowohl bei der Auswahl des Stammes als auch bei der Haltung der Tiere größte Sorgfalt geboten. Die Wirkung von Umwelteinflüssen beruht stets auf einer komplexen Wechselwirkung verschiedener Faktoren und hängt somit von den jeweils konkreten Gegebenheiten, insbesondere von der Art der Einrichtung und vom Haltungssystem, von der Spezies und den Charaktereigenschaften der Individuen sowie von der Art der Verwendung der Tiere ab. Daher liegen über Eignung und Wirksamkeit einzelner Maßnahmen vielfach keine eindeutigen Erkenntnisse vor. Zudem zeigen die Forschungsergebnisse auch, dass Ratten individuelle Eigenschaften und Vorlieben aufweisen, die unter Praxisbedingungen gerade bei kleinen Labortieren notorisch unterschätzt werden dürften. Aus diesen Gründen sind ein kontinuierliches Monitoring und eine Evaluierung der Effekte jeder einzelnen Enrichment-Maßnahme unverzichtbar, um erforderlichenfalls Anpassungen vornehmen und Ressourcen zielgerichtet einsetzen zu können (zu „welfare assessment-Protokollen“ in der Labortierhaltung vgl. z.B. Hawkins et al. 2011).

Wenngleich die Haltung von Versuchstieren stets einen Kompromiss zwischen den aus wissenschaftlichen Gründen erforderlichen Einschränkungen der Haltungsbedingungen, den berechtigten Interessen des Personals und dem Schutz der Tiere darstellt (Binder et al. 2021; Binder & Chvala-Mannsberger 2022, 2023), sind alle im Tierversuchsbereich tätigen Akteure aufgefordert, die in der jeweiligen Einrichtung bestehenden Möglichkeiten zum Enrichment der Rattenhaltung auszuschöpfen, um den Bedürfnissen der im menschlichen Interesse genutzten Tiere in bestmöglicher Weise zu entsprechen. Sind versuchsbedingt Einschränkungen der für die Standardhaltung geltenden Mindestanforderungen unerlässlich (z.B. Unterbringung in einem Stoffwechselkäfig) oder können bestimmte Enrichment-Maßnahmen aus experimentellen Gründen (z.B. aufgrund einer spezifisch

pathogenfreien (SPF)-Haltung) nicht umgesetzt werden, so sollte alles unternommen werden, um die daraus resultierenden Defizite durch zusätzliche Enrichment-Maßnahmen in anderen Bereichen, insbesondere durch Sozialkontakt zu Menschen (z.B. „rat tickling“), zumindest teilweise auszugleichen.

Im Zusammenhang mit der Versuchstierhaltung kommt der Sachkunde der beteiligten Personen zentrale Bedeutung zu. Dabei geht es jedoch nicht nur um nachweislich vorhandene Kenntnisse und Fähigkeiten, sondern auch um persönliches Engagement. Die übergeordnete Bedeutung der Sachkunde (Binder 2013) zeigt sich darin, dass tierschutzkonforme Entscheidungen (z.B. über die Ausstattung von Tierunterkünften) und fachgerechtes Handling (z.B. ratten-gerechter Umgang) nur von entsprechend ausgebildeten und motivierten Personen erwartet werden können. Regelmäßige Schulungen des Betreuungspersonals über mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der Haltungsbedingungen von Ratten stellen daher eine unabdingbare Voraussetzung für die Förderung des Wohlbefindens der Tiere dar. Kennedy et al. (2018) wiesen darauf hin, dass “[animals] in stressful environments and those unable to express their natural behaviors can impact ‘baseline’ laboratory and behavioral data [and therefore] compromise the quality of research data.” Damit wird eingeräumt, dass unzureichende Haltungsbedingungen den Zweck der Haltung von Versuchstieren geradezu konterkarieren und die erhobenen Daten kompromittieren können. Die experimentelle Verwendung von verhaltensgestörten und damit psychisch kranken Tieren widerspricht somit

auch der tierversuchsrechtlichen Anforderung, wonach nur Tiere zu Tierversuchen herangezogen werden dürfen, deren Gesundheitszustand für das jeweilige Forschungsprojekt geeignet ist.

Insgesamt sollten Haltung und Betreuung sowie Umgang und Verwendung von Tieren zu wissenschaftlichen Zwecken durch eine „Culture of Care“ charakterisiert werden, die auch bestimmte Überzeugungen wie Verantwortung, Empathie und Mitleid umfasst und damit weit über das hinausgeht, was Rechtsvorschriften und andere Regelwerke (wie z.B. Standardarbeitsanweisungen, SOPs) anordnen (Bertelsen & Hawkins 2021). Das Ziel jeder Versuchstierhaltung sollte daher darin bestehen, möglichst hohe Standards zu etablieren, da nur tiergerechte Lebensbedingungen („a good life“) die Verwendung von Tieren zu Tierversuchen rechtfertigen können (Poole 1997; Prescott & Lidster 2017; Makowska 2021; Makowska & Weary 2021).

Abschließend ist daher festzuhalten, dass Enrichment-Maßnahmen nicht nur einen Beitrag zum Versuchstierschutz leisten: Erhöhtes Wohlbefinden und Stressreduktion in Aufzucht und Haltung erleichtern den Einsatz der Tiere in Forschung und Lehre, steigern die Arbeitszufriedenheit des Betreuungspersonals sowie der Forscherinnen und Forscher und verbessern die Qualität der Versuchsergebnisse, sodass letztlich alle am Forschungsprozess Beteiligten und darüber hinaus auch die Gesellschaft als Nutznießerin der Forschung von der Implementierung geeigneter Enrichment-Konzepte profitieren (Binder et al. 2021; Binder & Chvala-Mannsberger 2022, 2023).

Fazit für die Praxis:

Die Haltung von Ratten zu Forschungszwecken ist mit spezifischen Tierschutzproblemen verbunden. Aufgrund des rechtlich verankerten Prinzips des Refinements der Haltungsbedingungen ist es geboten, die Lebensqualität von Versuchsratten bestmöglich zu fördern. Eine den Bedürfnissen der Tiere angemessene Haltung verringert Stress und fördert die Gesundheit der Tiere, was nicht zuletzt auch der Qualität der Forschungsergebnisse zugutekommt. Den an rattenhaltenden Forschungseinrichtungen tätigen Tierärztinnen und Tierärzten (§ 20 TVG 2012), den für das Tierwohl verantwortlichen Personen (§ 19 TVG 2012) und den Mitgliedern der Tierschutzgremien (§ 21 TVG 2012) kommt eine bedeutende Funktion bei der Beratung, Begleitung und Evaluierung von Enrichment-Maßnahmen zu. Der vorliegende Beitrag soll den genannten Personengruppen Anregungen zur Verbesserung der Lebensqualität von Ratten vermitteln und sie in ihrer Argumentation zugunsten möglichst weitreichender Enrichment-Maßnahmen unterstützen.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- Abou-Ismaïl UA, Burman HP, Nicol CJ, Mendl M. Let sleeping rats lie: Does the timing of husbandry procedures affect laboratory rat behaviour, physiology and welfare? *Appl Anim Behav Sci.* 2008;111:329–341.
- Abou-Ismaïl UA, Burman HP, Nicol CJ, Mendl M. The effects of enhancing cage complexity on the behaviour and welfare of laboratory rats. *Behav Proc.* 2010;85:172–180.
- Abou-Ismaïl UA. Are the effects of enrichment due to the presence of multiple items or a particular item in the cages of laboratory rat? *Appl Anim Behav Sci.* 2011;134(1):72–82.
- Abou-Ismaïl UA. The effects of cage enrichment on agonistic behaviour and dominance in male laboratory rats (*Rattus norvegicus*). *Res Vet Sci.* 2011;90:346–351. DOI: 10.1016/j.rvsc.2010.06.010
- Abou-Ismaïl UA, Mendl MT. The effects of enrichment novelty versus complexity in cages of group-housed rats (*Rattus norvegicus*). *Appl Anim Behav Sci* 2016;180:130–139. DOI:10.1016/j.applanim.2016.04.014
- Ader R, Grotta LJ. Rhythmicity in the maternal behaviour of *Rattus norvegicus*. *Anim Behav.* 1970;18(1):144–150. DOI:10.1016/0003-3472(70)90083-7
- Aldridge JW. Grooming. In: Whishaw IQ, Kolb B, editors. *The Behavior of the Laboratory Rat. A Handbook with Tests.* New York: Oxford University Press; 2004. p. 141–149.
- Altman J, Sudarschan K. Postnatal development of locomotion in the laboratory rat. *Anim Behav.* 1975;23(4):896–920. DOI:10.1016/0003-3472(75)90114-1
- Antle MC, Mistlberger RE. Circadian rhythms. In: *The Behaviour of the Laboratory Rat: A Handbook with tests.* In: Whishaw IQ, Kolb B, editors. New York: Oxford University Press; 2004. p. 183–194.
- Anzaldo AJ, Harrison PC, Riskowski GL, Sebek LA, Maghirang RG, Stricklin WR, et al. Increasing welfare of laboratory rats with the help of spatially enhanced cages. *Animal Welfare Information Centre Newsletter* 1994;5(3):1–5.
- Armario A, Lopez-Calderon A, Jolin T, Castellanos JM. Sensitivity of anterior pituitary hormones to graded levels of psychological stress. *Life Sci.* 1986b;39:471–475.
- Armario A, Montero JL, Balasch J. Sensitivity of corticosterone and some metabolic variables to graded levels of low intensity stresses in adult male rats. *Physiol Behav.* 1986a;37:559–561.
- Améndola L, Weary D, Zobel G. Effects of personality on assessments of anxiety and cognition. *Neurosci Biobehav Rev.* 2022;141:104827. DOI:10.1016/j.neubiorev.2022.104827
- Arts JWM, Oosterhuis NR, Kramer K, Ohl F. Effects of transfer from breeding to research facility on the welfare of rats. *Animals.* 2014(4):721–728. DOI:10.3390/ani4040712
- Badihi I. *The Effects of Complexity, Choice and Control on the Behaviour and the Welfare of Captive Common Marmosets (Callithrix jacchus)* [Thesis]. Stirling: University of Stirling; 2006.
- Balcombe JP, Barnard ND, Sandusky C. Laboratory Routines Cause Animal Stress. *Contemp Top Lab Anim Sci.* 2004;43(6):42–51.
- Barnett SA. Behaviour components in the feeding of wild and laboratory rats. *Behaviour.* 1956;9:24–43. DOI:10.1163/156853956X00237
- Barnett S, Fox I, Hocking W. Some social postures of five species of *Rattus*. *Australian J Zool.* 1982;30(4):581–601. DOI:10.1071/ZO9820581
- Bartal IBA, Decety J, Mason P. Empathy and pro-social behavior in rats. *Science.* 2011;3349(6061):1427–1430. DOI:10.1126/science.1210789
- Bassett L, Buchanan-Smith HM. Effects of predictability on the welfare of captive animals. *Appl Anim Behav Sci.* 2007;102(3–4):223–245. DOI:10.1016/J.APPLANIM.2006.05.029
- Begni V, Sanson A, Pfeiffer N, Brandwein C, Inta D, Talbot SR, et al. Social isolation in rats: Effects on animal welfare and molecular markers for neuroplasticity. *PLoS ONE.* 2020;15(10):e0240439. DOI:10.1371/journal.pone.0240439
- Bertelsen T, Hawkins P. A Culture of Care. In: Sørensen DB, Cloutier S, Gaskill BN, editors. *Animal-centric Care and Management. Enhancing Refinement in Biomedical Research.* Boca Raton, Florida: CRC Press; 2021. p. 15–29.
- Binder R, Lexer D. Anforderungen an ein verletzungssicheres Laufrad. *VUW Magazin* 2007;2:18–19.
- Binder R. Rechtliche Grundlagen des Tierversuchs. In: Binder R, Alzmann N, Grimm H, editors. *Wissenschaftliche Verantwortung im Tierversuch. Ein Handbuch für die Praxis.* Baden-Baden: Nomos; 2013. p. 68–139.
- Binder R, Maksimovic J, Chvala-Mannsberger S. Möglichkeiten zur Verbesserung der Lebensqualität von Versuchshunden durch Enrichment-Maßnahmen – ein Überblick. *Wien Tierarztl Monat – Vet Med Austria.* 2021;108(11–12):273–288.
- Binder R, Chvala-Mannsberger S. Möglichkeiten zur Verbesserung der Lebensqualität von Versuchskatzen durch Enrichment-Maßnahmen – ein Überblick. *Wien Tierarztl Monat – Vet Med Austria.* 2022;109:Doc14. DOI:10.5680/wtm000014
- Binder R, Chvala-Mannsberger S. Möglichkeiten zur Verbesserung der Lebensqualität von (Labor-)Kaninchen durch Enrichment-Maßnahmen – ein Überblick. *Wien Tierarztl Monat – Vet Med Austria.* 2023;110:Doc8. DOI:10.5680/wtm000022
- Blanchard RJ, Flannelly KJ, Blanchard DC. Defensive behavior of laboratory and wild *Rattus norvegicus*. *J Comp Psychol.* 1986;100(2):101–107.
- Blanchard RJ, Flannelly KJ, Blanchard DC. Life-span studies of dominance and aggression in established colonies of laboratory rats. *Physiol Behav.* 1988;43(1):1–7. DOI:10.1016/0031-9384(88)90089-3
- Blanchard RJ, Blanchard DC, Rodgers J, Weiss SM. The characterization and modelling of antipredator defensive behavior. *Neurosci Biobehav Rev.* 1990;14(4):463–472. DOI:10.1016/s0149-7634(05)80069-7
- Boice R. Burrows of wild and albino rats: effects of domestication, outdoor raising, age, experience, and maternal state. *J Comp Physiol Psychol.* 1977;91(3):649–661. DOI:10.1037/h0077338
- Bolles RC. Grooming behavior in the rat. *J Comp Physiol Psychol.* 1960;53(3):306–310. DOI:10.1037/h0045421
- Botelho S, Estanislau C, Morato S. Effects of under- and overcrowding on exploratory behavior in the elevated plus-maze. *Behav Processes.* 2007;74(3):357–362. DOI:10.1016/j.beproc.2006.12.006
- Brandão J, Mayer J. Behavior of rodents with an emphasis on enrichment. *J Exot Pet Med.* 2011;20(4):256–269.
- Brooks H, Davidson M, Mendl M, Neville V. Examining personality dimensions in rats using a caregiver questionnaire. *Appl Anim Behav Sci.* 2024;271:106170. DOI:10.1016/j.applanim.2024.106170

- Brudzynski SM, Ociepa D. Ultrasonic vocalization of laboratory rats in response to handling and touch. *Physiol Behav.* 1992;52(4):655–660. DOI:10.1016/0031-9384(92)90393-g
- Brudzynski SM. Communication of adult rats by ultrasonic vocalization: biological, sociobiological, and neuroscience approaches. *ILAR J.* 2009;50(1):43–50. DOI:10.1093/ilar.50.1.43
- Brudzynski SM, Fletcher NH. Chapter 3.3 – Rat ultrasonic vocalization: short-range communication. In: Brudzynski SM, editor. *Handbook of Mammalian Vocalization. An Integrative Neuroscience Approach.* Boston, MA: Elsevier Academic Press; 2009. p. 69–76.
- Bryda EC. The Mighty Mouse. The Impact of Rodents on Advances in Biomedical Research. *Mo Med.* 2013;110(3):207–211.
- Buccafusco JJ. Participation of different brain regions in the anti-narcotic withdrawal action of clonidine in the dependent rat. *Brain Res.* 1990;513(1):8–14. DOI:10.1016/0006-8993(90)91083-S
- Burgdorf JS, Panksepp J, Brudzynski SM, Kroes R, Moskal JR. Breeding for 50-kHz positive affective vocalization in rats. *Behav Genet.* 2005;35(1):67–72. DOI: 10.1007/s10519-004-0856-5
- Burgdorf JS, Ghoreishi-Haack N, Cearley CN, Kroes RA, Moskal JR. Rat ultrasonic vocalizations as a measure of the emotional component of chronic pain. *Neuroreport.* 2019;30(13):863–866. DOI:10.1097/WNR.0000000000001282
- Burgdorf JS, Brudzynski SM, Moskal JR. Using rat ultrasonic vocalization to study the neurobiology of emotion: from basic science to the development of novel therapeutics for affective disorders. *Curr Opin Neurobiol.* 2020;60:192–200. DOI:10.1016/j.conb.2019.12.008
- Burman OHP, Owen D, Abou-Ismaïl UA, Mendl M. Removing individual rats affects indicators of welfare in the remaining group members. *Physiol Behav.* 2008a;93(1–2):89–96. DOI:10.1016/j.physbeh.2007.08.001
- Burman OHP, Parker R, Paul ES, Mendl M. A spatial judgement task to determine background emotional state in laboratory rats, *Rattus norvegicus*. *Anim Behav.* 2008b;76(3):801–809. DOI:10.1016/j.anbehav.2008.02.014
- Burn CC, Peters A, Day MJ, Mason GJ. Long-term effects of cage-cleaning frequency and bedding type on laboratory rat health, welfare, and handleability: a cross-laboratory study. *Lab Anim.* 2006;40(4):353–370. DOI:10.1258/002367706778476460
- Burn CC. What is it like to be a rat? Rat sensory perception and its implications for experimental design and rat welfare. *Appl Anim Behav Sci.* 2008;112(1–2):1–32. DOI:10.1016/j.applanim.2008.02.007
- Burn CC, Mason GJ. Effects of cage-cleaning frequency on laboratory rat reproduction, cannibalism, and welfare. *Appl Anim Behav Sci.* 2008;114(1–2):235–247.
- Burn CC, Camacho T, Hockenhuil J. Lifting laboratory rats: A survey of methods, handlers' reasons and concerns, and rat behavioural responses. *Appl Anim Behav Sci.* 2023;268:106077. DOI:10.1016/j.applanim.2023.106077
- Büttner D. Upright standing in the laboratory rat – time expenditure and its relation to locomotor activity. *J Exp Anim Sci.* 1993;36(1):19–26.
- Calhoun JB. *The ecology and sociology of the Norway rat.* US Department of Health, Education, and Welfare. Bethesda, Maryland: Public Health Service Publication; 1963.
- Cameron J, Jacobson C, Nilsson K, Rögnvaldsson T. A biometric approach to laboratory rodent identification. *Lab Anim.* 2007;36(3):36–40. DOI:10.1038/labon0307-36.
- Carder B, Berkowitz K. Rats' Preference for Earned in Comparison with Free Food. *Science* 1970;167(3922):1273–1274. DOI:10.1126/science.167.3922.1273
- Castelhano-Carlos M, Baumans V. The impact of light, Noise, cage cleaning and in-house transport on welfare and stress of laboratory rats. *Lab Anim.* 2009;43(4):311–327. DOI:10.1258/la.2009.0080098
- Chmiel DJ, Noonan M. Preference of laboratory rats for potentially enriching stimulus objects. *Lab Anim.* 1996;30(2):97–101. DOI:10.1258/002367796780865790
- Clarke D, Ioannou L. 2018. Introduction of gang caging for group housed rats. *Anim Technol Welf.* 2018(2):136–137.
- Clough G, Fasham JA. A 'silent' fire alarm. *Lab Anim.* 1975;9(3):193–196.
- Cloutier S, Newberry RC. Physiological and behavioural responses of laboratory rats housed at different tier levels and levels of visual contact with conspecifics and humans. *Appl Anim Behav Sci.* 2010;125(1–2):69–79. DOI:10.1016/j.applanim.2010.03.003
- Cloutier S, Baker C, Wahl K, Panksepp J, Newberry RC. Playful handling as social enrichment for individually- and group-housed laboratory rats. *Appl Anim Behav Sci.* 2013;143(2–4):85–95. DOI:10.1016/j.applanim.2012.10.006
- Cloutier S, Wahl KL, Baker C, Newberry RC. The social buffering effect of playful handling on responses to repeated intraperitoneal injections in laboratory rats. *JAALAS.* 2014;53(2):168–173.
- Cloutier S, Wahl KL, Panksepp J, Newberry RC. Playful handling of laboratory rats is more beneficial when applied before than after routine injections. *Appl Anim Behav Sci.* 2015;164:81–90.
- Cloutier S. Behavioral Biology of Rats. In: Coleman K, Schapiro SJ, editors. *Boca Raton, London, New York: CRC Press; 2022.* p. 113–130.
- Cree TC, Wadley DM, Marlett JA. Effect of preventing coprophagy in the rat on neutral detergent fiber digestibility and apparent calcium absorption. *J Nutr.* 1986; 116(7):1204–1208. DOI:10.1093/jn/116.7.1204
- Crofton EJ, Zhang Y, Green TA. Inoculation stress hypothesis of environmental enrichment. *Neurosci Biobehav Rev.* 2015;49:19–31.
- Dallmann R, Steinlechner S, Hörsten S von, Karl T. Stress-induced hyperthermia in the rat: comparison of classical and novel recording methods. *Lab Anim.* 2006;40:186–193. DOI:10.1258/002367706776319015
- Dahlborn K, Bugnon P, Nevalainen T, Raspa M, Verboost P, Spangenberg E. Report of the Federation of European Laboratory Animal Science Associations Working Group on animal identification. *Lab Anim.* 2013;47(1):2–11. DOI: 10.1177/002367712473290
- Daskalakis NP, Oitzl MS, Schächinger H, Champagne DL, De Kloet ER. Testing the cumulative stress and mismatch hypotheses of psychopathology in a rat model of early-life adversity. *Physiol Behav.* 2012(5):707–721.
- Deacon RMJ. Housing, husbandry and handling of rodents for behavioural experiments. *Nat Protoc.* 2006;1(2):936–946.
- Dean SW. Environmental enrichment of laboratory animals used in regulatory toxicology studies. *Lab Anim.* 1999;33(4):309-327.
- Dewsbury DA. Wheel-running behavior in 12 species of muroid rodents. *Behav Processes.* 1980;5(3):271–280. DOI:10.1016/0376-6357(80)90007-8
- Dielenberg RA, McGregor IS. Habituation of the hiding response to cat odor in rats (*Rattus norvegicus*). *J Comp Psychol.* 1999;13(4):376–387. DOI:10.1037/0735-7036.113.4.376
- Dielenberg RA, Carrive P, McGregor IS. The cardiovascular and behavioral response to cat odor in rats: unconditioned and con-

- ditioned effects. *Brain Res.* 2001;897(1-2):228–237. DOI:10.1016/S0006-8993(01)02227-2
- Driel KS van, Talling JC. Familiarity increases consistency in animal tests. *Behav Brain Res.* 2005;159(2):243–245. DOI:10.1016/j.bbr.2004.11.005
- Duke JL, Zammit TG, Lawson DM. The effects of routine cage-changing on cardiovascular and behavioral parameters in male Sprague-Dawley rats. *Contemp Top Lab Anim Sci.* 2001;40(1):17–20.
- Ebino KY. Studies on coprophagy in experimental animals. *Jikken Dobutsu.* 1993;42(1):1–9.
- Einson D, Potegal M. Enhanced defense in adult rats deprived of playfighting experience as juveniles. *Aggressive Behav.* 1991;17(1):27–40.
- El-Ayache N, Galligan JJ. The Rat in Neuroscience Research. In: Suckow MA, Hankenson FC, Wilson RP, Foley PL, editors. *The Laboratory Rat. A volume in American College of Laboratory Animal Medicine.* 3rd ed. Amsterdam: Elsevier; 2019. p. 1003–1022.
- Ellis SLH. Environmental enrichment: practical strategies for improving feline welfare. *J Feline Med Surg.* 2009;11(11):901–912. DOI:10.1016/j.jfms.2009.09.011
- Faith RE, Allen KP, Hessler JR. Chapter 10 – Housing and Environment. In: Suckow MA, Weisbroth SH, Franklin CL, editors. *The Laboratory Rat.* 3rd ed. Boston: MA Elsevier Academic Press; 2006. p. 349–417.
- Figge FHJ, Atkinson, WB. Relation of water metabolism to porphyrin incrustations in pantothenic acid-deficient rats. *Proc Soc Exp Biol.* 1941;48:112–114. DOI:10.3181/00379727-48-13237
- Foster S, King C, Patty B, Miller S. Tree-climbing capabilities of Norway and ship rats. *N Z J Zool.* 2011;38(4):285–296. DOI:10.1080/03014223.2011.599400
- Foulkes A. Do laboratory rats benefit from more cage space? *AWI Quarterly* 2004;53(3):18–19.
- Franks B, Champagne FA, Higgins ET. How Enrichment Affects Exploration Trade-Offs in Rats: Implications for Welfare and Well-Being. *PLoS ONE.* 2013;8(12):e83578. DOI:10.1371/journal.pone.0083578
- Freyman J, Tsai PP, Stelzer HD, Mischke R, Hackbarth H. The impact of bedding volumes on laboratory mice. *Lab Anim.* 2017;51(6):601–612. DOI:10.1177/0023677217694400.
- Galef BG Jr, Sorge RE. Use of PVC conduits by rats of various strains and ages housed singly and in pairs. *J Appl Anim Welf Sci.* 2000;3(4):279–292. DOI:10.1207/S15327604JAWS0304_1
- Galef BG Jr, Pretty S, Whiskin E. Failure to find aversive marking of toxic foods by Norway rats. *Anim Behav.* 2006;72(6):1427–1436. DOI:10.1016/j.anbehav.2006.05.009
- Garner JP. Stereotypies and Other Abnormal Repetitive Behaviors: Potential Impact on Validity, Reliability, and Replicability of Scientific Outcomes. *ILAR J.* 2005; 46(2):106–117. DOI:10.1093/ilar.46.2.106
- Gärtner K, Büttner D, Döhler K, Friedel R, Lindena J, Trautschold I. Stress response of rats to handling and experimental procedures. *Lab Anim.* 1980;14(3):267–274. DOI:10.1258/002367780780937454
- Gaskill B, Pritchett-Corning KR. Effect of Cage Space on Behavior and Reproduction in CrI:CD(SD) and BN/CrI Laboratory Rats. *JAALAS* 2015;54(5):497–506.
- Geiger T. Das Tier als geselliges Subjekt. In: Thurnwald R, editor. *Forschungen zur Völkerpsychologie und Soziologie.* Leipzig: CL Hirschfeld Verlag; 1931. p. 283–307.
- Gerall HD, Ward IL, Gerall AA. Disruption of the male rat's sexual behaviour induced by social isolation. *Anim Behav.* 1967;15(1):54–58. DOI:10.1016/S0003-3472(67)80010-1
- Gill TJ, Smith GJ, Wissler RW, Kunz HW. The Rat as an Experimental Animal. *Sci.* 1989;245(4915):269–276. DOI:10.1126/science.2665079
- Gillis GB, Biewener AA. Hindlimb muscle function in relation to speed and gait: In vivo patterns of strain and activation in a hip and knee extensor of the rat (*Rattus norvegicus*). *J Exp Biol.* 2001;204(15):2717–2731.
- Giral M, Garcia-Olmo DC, Kramer K. Effects of wire-bottom caging on heart rate, activity and body temperature in telemetry-implanted rats. *Lab Anim.* 2011;45(4):247–253. DOI:10.1258/la.2011.010071
- Grant EC, Mackintosh JH. A comparison of the social postures of some common laboratory rodents. *Behaviour* 1963;21(3–4):246–259.
- Grover PB Jr, Miller RJ. An inexpensive microprocessor-based lighting control for simulating natural photoenvironments in the laboratory. *J Interdisc Cycle Res.* 2008;16(1):33–42. DOI:10.1080/09291018509359869
- Gruber FP. Refinement: Versuch einer Definition. In: Schöffel H, Spielmann H, Tritthart HA, Cußler K, Goetschel AF, Gruber FP, et al. editors. *Forschung ohne Tierversuche. Ersatz- und Ergänzungsmethoden zu Tierversuchen.* Wien u. New York: Springer; 1996. p. 366–381.
- Hanson JD, Larson ME, Snowdon CT. The effects of control over high intensity noise on plasma cortisol levels in rhesus monkeys. *Behav Biol.* 1976;16(3):333–340. DOI:10.1016/S0091-6773(76)91460-7
- Harkness JE, Ridgway MD. Chromodacryorrhea in laboratory rats (*Rattus norvegicus*): etiologic considerations. *Lab Anim Sci.* 1980;30(5):841–844.
- Harrison PC, Anzaldo AJ, Riskowski G, Sebek L, Maghirang R, Stricklin WR, et al. Behavioral evaluation of spatially enhanced caging for laboratory rats at high density. *Contemp Top Lab Anim Sci.* 1995;34(1):56–60.
- Harst JE van der, Fermont PCJ, Bilstra AE, Spruijt BM. Access to enriched housing is rewarding to rats as reflected by their anticipatory behaviour. *Animal Behav.* 2003(3):493–504.
- Hawkins P, Morton D, Burman O, Dennison N, Honess P, Jennings M, et al. A guide to defining and implementing protocols for the welfare assessment of laboratory animals: eleventh report of the BVA/AFW/FRAME/RSPCA/UFAW Joint Working Group on Refinement. *Lab Anim.* 2011;45(1):1–13. DOI:10.1258/la.2010.010031
- Hebb DO. The effects of early experience on problem-solving at maturity. *Am Psychol.* 1947;2:306–307.
- Hedrich J. Chapter 3 – Taxonomy and Stocks and Strains. In: Suckow MA, Weisbroth SH, Franklin C, editors. *American College of Laboratory Animal Medicine, The Laboratory Rat.* 2nd ed. Boston: MA Elsevier Academic Press; 2006. p. 71–92.
- Heiderstadt KM, McLaughlin RM, Wright DC, Walker SE, Gomez-Sanchez C. The effect of chronic food and water restriction on open-field behavior and serum corticosterone levels in rats. *Lab Anim.* 2000;34(1):20–28. DOI:10.1258/002367700780578028
- Hermann S. Wie soll ich das lernen? Aufmerksamkeit steuert Entscheidungs- und Lernprozesse bei Ratten [Dissertation]. Berlin: Freie Universität Berlin; 2022.
- Hipólido D, Tufik S. Paradoxical sleep deprivation in female rats alters drug-induced behaviors. *Physiol Behav.* 1995;57(6):1139–1143. DOI:10.1016/0031-9384(94)00377-h
- Hirsch EN, Anderson M, Loberg J. Swedish cat shelters: a descriptive survey of husbandry practices, routines and management. *Anim Welf.* 2014;23(4):411–421.

- Hogan MC, Norton JN, Reynolds RP. Environmental Factors: Macroenvironment versus Microenvironment. In: Weichbrod RH, Thompson GA (Heidbrink), Norton JN, editors. Management of Animal Care and Use Programs in Research, Education, and Testing. 2nd ed. Milton Park: Taylor & Francis; 2018. p. 461–477.
- Hurst JL, Barnard CJ, Nevison CM, West CD. Housing and welfare in laboratory rats: Welfare implications of isolation and social contact among caged males. *Anim Welf.* 1997;6(4):329–347. DOI:10.1017/S0962728600020042
- Hurst JL, Barnard CJ, Nevison CM, West CD. Housing and welfare in laboratory rats: The Welfare implications of isolation and social contact among caged females. *Anim Welf.* 1998;7(2):121–136. DOI:10.1017/s0962728600020455
- Hurst JL, Barnard CJ, Tolladay U, Nevison CM, West CD. Housing and welfare in laboratory rats: effects of cage stocking density and behavioural predictors of welfare. *Anim Behav.* 1999;58(3):563–586.
- Hurst JL, West RS. Taming anxiety in laboratory mice. *Nat Methods.* 2010;7:825–826.
- Jegstrup IM, Vestergaard R, Vach W, Rijskes-Hoitinga M. Nest-building behaviour in male rats from three inbred strains: BN/HsdCpb, BDIX/Or1lco and LEW/Mol. *Anim Welf.* 2005;14(2):149–156.
- Johnson CA, Pallozzi WA, Geiger L, Szumiloski JL, Castiglia L, Dahl NP, et al. The Effect of an Environmental Enrichment Device on Individually Caged Rabbits in a Safety Assessment Facility. *Contemp Top Lab Anim Sci.* 2003;42(5):27–30.
- Johnson SR, Patterson-Kane EG, Niel L. Foraging enrichment for laboratory rats. *Anim Welf.* 2004;13(3):305–312.
- Kaltwasser MT. Acoustic signaling in the black rat (*Rattus rattus*). *J Comp Psychol.* 1990;104(3):227–232. DOI:10.1037/0735-7036.104.3.227
- Kanarek RB, D'Anci KE, Jurdak N, Mathes WF. Running and addiction: precipitated withdrawal in a rat model of activity-based anorexia. *Behav Neurosci.* 2009;123(4):905–912. DOI:10.1037/a0015896
- Kemp RW, 2000. Handling and restraint. In: Krinke GJ, editor. *The Laboratory Rat*. Amsterdam: Elsevier; 2000. p. 31–43.
- Kennedy CJ, Thomson AE, Griffith EH, Fogle J, Lascelles BDX, Meeker RB, et al. Enrichment Preferences of FIV-Infected and Uninfected Laboratory-Housed Cats. *Viruses.* 2018;10(7):353. DOI:10.3390/v10070353
- Kerins CA, Carlson DS, McIntosh JE, Bellinger LL. Meal pattern changes associated with temporomandibular joint inflammation/pain in rats; analgesic effects. *Pharmacol Biochem Behav.* 2003;75(1):181–189. DOI:10.1016/s0091-3057(03)00072-8
- Key D. Environmental Enrichment Options for Laboratory Rats and Mice. *Lab Anim.* 2004; 33(2):39–44.
- Kikusui T, Nakamura K, Mori Y. A review of the behavioural and neurochemical consequences of early weaning in rodents. *Appl Anim Behav Sci.* 2008;110(1–2):73–83.
- Kitaoka A. Defensive aspects of burrowing behavior in rats (*Rattus norvegicus*): A descriptive and correlational study. *Behav Process.* 1994;31(1):13–27.
- Knutson B, Burgdorf JS, Panksepp J. Ultrasonic vocalizations as indices of affective states in rats. *Psychol Bull.* 2002;128(6):961–977. DOI:10.1037/0033-2909.128.6.961
- Kobayashi S, Ohashi Y, Ando S. Effects of enriched environments with different durations and starting times on learning capacity during aging in rats assessed by a refined procedure of the Hebb-Williams maze task. *J Neurosci Res.* 2002;70(3):340–346.
- Koolhaas JM. The laboratory rat. In: Hubrecht R, Kirkwood J, editors. *The UFAW Handbook on the Care and Management of Laboratory and other Research Animals*. 8th ed. Hoboken JK: Wiley-Blackwell; 2010. p. 311–326.
- Krohn TC, Salling B, Hansen AK. How do rats respond to playing radio in the animal facility? *Lab Anim.* 2011;45(3):141–144.
- LaFollette MR, O'Haire ME, Cloutier S, Blankenberger WB, Gaskill BN. Rat tickling: A systematic review of applications, outcomes, and moderators. *PLoS ONE.* 2017;12:e0175320. DOI:10.1371/journal.pone.0175320
- LaFollette MR, O'Haire ME, Cloutier S, Gaskill BN. Practical rat tickling: Determining an efficient and effective dosage of heterospecific play. *Appl Anim Behav Sci.* 2018;208:82–91.
- LaFollette MR. Human-Animal-Interactions. In: Sørensen DB, Cloutier S, Gaskill BN, editors. *Animal-centric Care and Management. Enhancing Refinement in Biomedical Research*. Florida: CRC Press; 2021. p. 1–13.
- Lambert K, Hyer M, Bardi M, Rzuclidlo A, Scott S, Terhune-Cotter B, et al. Natural-enriched environments lead to enhanced environmental engagement and altered neurobiological resilience. *Neurosci.* 2016;330:386–394.
- Lawlor MM. Comfortable quarters for rats in research institutions. In: Reinhardt V, Reinhardt A, editors. 9th ed. Washington DC: Animal Welfare Institute; 2002. p. 26–32.
- Leidinger CS, Kaiser N, Baumgart N, Baumgart J. Using Clicker Training and Social Observation to Teach Rats to Voluntarily Change Cages. *J Vis Exp.* 2018;25(140):58511. DOI:10.3791/58511
- Lemmer B. Effects of music composed by Mozart and Ligeti on blood pressure and heart rate circadian rhythms in normotensive and hypertensive rats. *Chronobiol Int.* 2009;25(6):971–986.
- Lidfors L, Dahlborn K. Behavioral Biology of Rabbits. In: Coleman K, Schapiro SJ, editors. London, New York: CRC Press; 2022. p. 173–190.
- Lindsey JR, Baker HJ. Historical foundations Chapter I. In: Suckow MA, Weisbroth SH, Franklin CL, editors. *The Laboratory Rat*. 2nd ed. Boston: MA Elsevier Academic Press; 2006. p. 1–52.
- Litvin Y, Blanchard DC, Blanchard RJ. Chapter 5.1 – Vocalization as a social signal in defensive behavior. In: Brudzynski SM, editor. *Handbook of Behavioral Neuroscience* 19. Boston: MA Elsevier Academic Press 2010. p. 151–157.
- Makowska IJ, Weary DM. The importance of burrowing, climbing and standing upright for laboratory rats. *R Soc Open Sci.* 2016;3(6):160136. DOI: 10.1098/rsos.160136 (Erratum in: *R Soc Open Sci.* 2017;4(1):160984.)
- Makowska IJ. The Rat. In: Sørensen D, Cloutier S, Gaskill BN, editors. *Animal-centric Care and Management. Enhancing Refinement in Biomedical Research*. London, New York: CRC Press; 2021. p. 121–134.
- Makowska IJ, Weary DM. A Good Life for Laboratory Rodents? *ILAR J.* 2021;60(3):373–388. DOI:10.1093/ilar/ila001
- Manser CE, Morris T, Broom D. An investigation into the effects of solid or grid cage flooring on the welfare of laboratory rats. *Lab Anim.* 1995;29(4):353–363. DOI:10.1258/002367795780740023
- Manser CE, Broom DM, Overend P, Morris TH. Operant studies to determine the strength of preference in laboratory rats for nest-boxes and nesting materials. *Lab Anim.* 1998;32(1):36–41.
- Mason G, Wilson D, Hampton C, Würbel H. Non-invasively assessing disturbance and stress in laboratory rats by scoring chro-

- modacryorrhoea. *Altern Lab Anim.* 2004;32(Suppl 1A):153–159. DOI:10.1177/026119290403201s25
- Maurer BM, Döring D, Scheipl F, Küchenhoff H, Erhard MH. Effects of a gentling programme on the behaviour of laboratory rats towards humans. *Appl Anim Behav Sci.* 2008;114(3–4):554–571. DOI:10.1016/j.applanim.2008.04.013
- Meaney MJ, Aitken DH, Bodnoff SR, Iny LJ, Tatarewicz JE, Sapolsky RM. Early postnatal handling alters glucocorticoid receptor concentrations in selected brain regions. *Behav Neurosci.* 1985;99(4):765–770.
- Mellen J, Sevenich MacPhee M. Philosophy of Environmental Enrichment: Past, Present, and Future. *Zoo Biol.* 2001;20(3):211–226. DOI:10.1002/zoo.1021
- Modlinska K, Pisula W. The Norway rat, from an obnoxious pest to a laboratory pet. *eLife.* 2020;9:e50651. DOI:10.7554/eLife.50651
- Morton DB, Jennings M, Batchelor GR, Bell D, Birke L, Davies K, et al. Refinements in rabbit husbandry: Second report of the BVAAWF/FRAME/RSPCA/UFAW joint working group on refinement. *Lab Anim.* 1993;27(4):301–329. DOI:10.1258/002367793780745633
- Moyal B. Zur Belastung von Tieren im Tierversuch [Dissertation]. Hannover: Tierärztliche Hochschule Hannover; 1999.
- Nadel J, Huang T, Xia Z, Burlin T, Zametkin A, Smith CB. Voluntary exercise regionally augments rates of cerebral protein synthesis. *Brain Res.* 2013;1537:125–131. DOI:10.1016/j.brainres.2013.09.001
- Neville V, Mounty J, Benato L, Hunter, K, Mendl M, Paul ES. Thinking outside the lab: Can studies of pet rats inform pet and laboratory rat welfare? *Appl Anim Behav Sci.* 2022;246:105507. DOI:10.1016/j.applanim.2021.105507
- Neuringer A. Animals Respond for Food in the Presence of Free Food. *Science* 1969;166:399–401.
- Newberry RC. Environmental enrichment: increasing the biological relevance of captive environments. *Appl Anim Behav Sci.* 1995;44:229–243. DOI:10.1016/0168-1591(95)00616-Z
- Niklaus S, Albertini S, Schnitzer TK, Denk N. Challenging a Myth and Misconception: Red-Light Vision in Rats. *Animals.* 2020;10(3):422. DOI:10.3390/ani10030422
- Nováková V, Babický A. Coprophagy in young laboratory rats. *Physiol Bohemoslov.* 1989;38(1):21–28.
- Panksepp J. The ontogeny of play in rats. *Dev Psychobiol.* 1981;14(4):327–332. DOI:10.1002/dev.420140405.
- Patterson-Kane EG. Cage size preference in rats in the laboratory. *J Appl Anim Welf Sci.* 2002;5(1):63–72. DOI:10.1207/S15327604JAWS0501_5
- Patterson-Kane EG, Hunt M, Harper D. Rats demand social contact. *Animal Welf.* 2002;11(3):327–332.
- Patterson-Kane EG. Shelter enrichment for rats. *Contemp Top Lab Anim Sci.* 2003;42(2):46–48.
- Patterson-Kane EG. Enrichment of laboratory caging for rats: a review. *J Anim Welf.* 2004;13:209–214.
- Pellis SM, Pellis VC. The prejuvenile onset of play fighting in laboratory rats (*Rattus norvegicus*). *Dev Psychobiol.* 1997;31(3):193–205.
- Pellis SM. Keeping in touch: Play fighting and social knowledge. In: Bekoff M, Allen C, Burghardt GM, editors. *The Cognitive Animal: Empirical and Theoretical Perspectives on Animal Cognition*. Cambridge: MIT Press; 2002. p. 421–427.
- Pellis, SM, Pellis VC, Bell HC. The function of play in the development of the social brain. *Am J Play.* 2010;2(3):278–296.
- Pellis SM, Pellis VC. Play and fighting. In: Whishaw IQ, Kolb B, editors. *The Behaviour of the Laboratory Rat: A Handbook with tests*. Oxford: Oxford Scholarship; 2004. p. 298–306.
- Pinelli CJ, Leri F, Turner PV. Long Term Physiologic and Behavioural Effects of Housing Density and Environmental Resource Provision for Adult Male and Female Sprague Dawley Rats. *Animals* 2017;7(6):44. DOI:10.3390/ani7060044.
- Plaut SM. Adult-litter relations in rats reared in single and dual-chambered cages. *Dev Psychobiol.* 1974;7(2):111–120. DOI:10.1002/dev.420070203.
- Poole T. Happy animals make good science. *Lab Anim.* 1997(31):116–124.
- Prescott MJ, Lidster K. Improving quality of science through better animal welfare: the NC3Rs strategy. *Nature America.* 2017;46(4):152–156.
- Pritchett-Corning KR. Comfortable Quarters for Rats. In: Liss C, Litwak K, Tilford D, Reinhardt V, editors. *Comfortable Quarters for Laboratory Animals*. 10th ed. Washington, D.C.: Animal Welfare Institute; 2015. p.19–38.
- Pritchett-Corning KR, Girod A, Avallaneda G, Fritz PE, Chou S, Brown MJ. Handbook of Clinical Signs in Rodents and Rabbits. 2nd ed. Charles River Laboratories; 2011.
- Ratuski AS, Weary DM. Environmental Enrichment for Rats and Mice Housed in Laboratories: A Metareview. *Animals.* 2022;12(4):414. DOI:10.3390/ani12040414
- Reinagel P. Training Rats Using Water Rewards Without Water Restriction. *Front Behav Neurosci.* 2018;3(12):84. DOI:10.3389/fnbeh.2018.00084
- Reinhold AS, Sanguinetti-Scheck JI, Hartmann K, Brecht M. Behavioral and neural correlates of hide-and-seek in rats. *Science* 2019;365(6458):1180–1183. DOI:10.1126/science.aax4705
- Richter SH, Gass P, Fuss J. Resting is resting: a critical view on rodent wheel-running behaviour. *Neuroscientist.* 2014;20(4):313–325. DOI:10.1177/1073858413516798
- Rödel HG, Meyer S. Early development influences ontogeny of personality types in young laboratory rats. *Dev Psychobiol.* 2011;53(6):601–613. DOI:10.1002/dev.20522
- Sachs BD. The development of grooming and its expression in adult animals. *Ann N Y Acad Sci.* 1988;525:1–17. DOI:10.1111/j.1749-6632.1988.tb38591.x.
- Saibaba P, Sales GD, Stodulski G, Hau J. Behaviour of rats in their home cages: daytime variations and effects of routine husbandry procedures analysed by time sampling techniques. *Lab Anim.* 1996;30:13–21.
- Sakai T, Yohro T. A histological study of the Harderian gland of Mongolian gerbils, *Meriones meridianus*. *Anat Rec.* 1981;200(3):259–270. DOI: 10.1002/ar.1092000304.200
- Sato N, Tan L, Tate K, Okada M. Rats demonstrate helping behavior toward a soaked conspecific. *Anim Cogn.* 2015;18(5):1039–1047. DOI:10.1007/s10071-015-0872-2.
- Schleif O. Ein Beitrag zur tiergerechten Haltung der Ratte anhand der Literatur [Dissertation]. Hannover: Tierärztliche Hochschule Hannover; 2001.
- Schweinfurth MK. The social life of Norway rats (*Rattus norvegicus*). *eLife.* 2020;9:e54020. DOI:10.7554/eLife.54020
- Sharp JL, Zammit TG, Azar TA, Lawson DM. Stress-like responses to common procedures in male rats housed alone or with other rats. *Contemp Top Lab Anim Sci.* 2002;41(4):8–14.

- Sharp JL, Zammit TG, Azar TA, Lawson DM. Stress-like responses to common procedures in individually and group-housed female rats. *Contemp Top Lab Anim Sci*. 2003;42(1):9–18.
- Shepherdson DJ. Introduction: Tracing the Path of Environmental Enrichment in Zoos. In: Shepherdson DJ, Mellen JD, Hutchin M, editors. *Second nature: environmental enrichment for captive animals*. Washington DC: Smithsonian Books; 1998. p. 1–14.
- Sherwin CM. Voluntary wheel running: a review and novel interpretation. *Anim Behav*. 1998;56(1):11–27. DOI:10.1006/anbe.1998.0836.
- Simpson J, Kelly JP. The impact of environmental enrichment in laboratory rats - behavioural and neurochemical aspects. *Behav Brain Res*. 2011;222(1):246–264.
- Siviy SM. Effects of neonatal handling on play and anxiety in F344 and Lewis rats. *Dev Psychobiol*. 2018;60(4):458–467.
- Sørensen DB, Ottesen JL, Hansen AK. Consequences of enhancing environmental complexity for laboratory rodents — a review with emphasis on the rat. *Anim Welf*. 2004;13(2):193–204. DOI:10.1017/S0962728600026932
- Sørensen DB, Pedersen A, Bailey RE. Animal Training. The Practical Approach. In: Sørensen DB, Cloutier S, Gaskill BN, editors. *Animal-centric Care and Management. Enhancing Refinement in Biomedical Research*. Florida: CRC Press; 2021a. p. 73–89.
- Sørensen DB, Pedersen A, Forkman B. Animal Learning: The Science behind Animal Training. In: Sørensen DB, Cloutier S, Gaskill BN, editors. *Animal-centric Care and Management. Enhancing Refinement in Biomedical Research*. Florida: CRC Press; 2021b. p. 50–71.
- Sotocinal SG, Sorge RE, Zaloum A, Tuttle AH, Martin LJ, Wieskopf JS, et al. The Rat Grimace Scale: a partially automated method for quantifying pain in the laboratory rat via facial expressions. *Mol Pain*. 2011;7:55. DOI:10.1186/1744-8069-7-55
- Spinka M, Newberry RC, Bekoff M. Mammalian play: training for the unexpected. *Q Rev Biol*. 2001;76(2):141–468. DOI:10.1086/393866.
- Spruijt BM, Hooff JA van, Gispen WH. Ethology and neurobiology of grooming behavior. *Physiol Rev*. 1992;72(3):825–852. DOI:10.1152/physrev.1992.72.3.825
- Stryjek R, Modlińska K, Pisula W. Species Specific Behavioural Patterns (Digging and Swimming) and Reaction to Novel Objects in Wild Type, Wistar, Sprague-Dawley and Brown Norway Rats. *PLoS One*. 2012;7(7):e40642. DOI: 10.1371/journal.pone.0040642
- Stryjek R, Modlińska K, Turlejski K, Pisula W. Circadian Rhythm of Outside-Nest Activity in Wild (WWCPS), Albino and Pigmented Laboratory Rats. *PLoS One*. 2013;8(6):e66055. DOI:10.1371/journal.pone.0066055
- Takahashi LK. Postweaning environmental and social factors influencing the onset and expression of agonistic behavior in Norway rats. *Behav Process*. 1986;12(3):237–260. DOI:10.1016/0376-6357(86)90039-2
- Taylor KD, Mills DS. The effect of the kennel environment on canine welfare: a critical review of experimental studies. *Anim Welf*. 2007;16:435–447. DOI:10.1017/S0962728600027378
- Toth LA, January B. Physiological stabilization of rabbits after shipping. *Lab Anim Sci*. 1990;40(4):384–387.
- Tunstall BJ, Vendruscolo LF, Allen–Worthington K. Rat Models of Alcohol Use Disorder. In: Suckow MA, Hankenson FC, Wilson RP, Foley PL, editors. *The Laboratory Rat. A volume in American College of Laboratory Animal Medicine*. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier; 2019. p. 967–986.
- Vachon P. Double Decker Enrichment cages have no effect on long term nociception in neuropathic rats but increase exploration while decreasing anxiety-like behaviors. *Scand J Lab Anim Sci*. 2014;40(2):1–6.
- Vanderschuren LJ, Niesink RJ, Van Pee JM. The neurobiology of social play behavior in rats. *Neurosci Biobehav Rev*. 1997;21(3):309–326.
- Visser L de, Bos R van den, Spruijt BM. Automated home cage observations as a tool to measure the effects of wheel running on cage floor locomotion. *Behav Brain Res*. 2005;160(2):382–388. DOI:10.1016/j.bbr.2004.12.004
- Weaver IC, Cervoni N, Champagne FA, D'Alessio AC, Sharma S, Seckl JR, Dymov S, Szyf M, Meaney MJ. Epigenetic programming by maternal behavior. *Nat Neurosci*. 2004(8):847–854.
- Weerd HA van de, Broek FAR van den, Baumans V. Preference for different types of flooring in two rat strains. *Appl Anim Behav Sci*. 1996;46(3–4):251–261.
- Weiß-Geißler E. *Das andere Rattenbuch*. Norderstedt: Books on Demand; 2004.
- Wheeler RR, Swan MP, Hickman DL. Effect of multilevel laboratory rat caging systems on the well-being of the singly-housed Sprague Dawley rat. *Lab Anim*. 2014;49(1):10–19. DOI:10.1177/0023677214547404
- Wiekema PR, Koolhaas JM. Stress and animal welfare. *Anim Welf*. 1993;2(3):195–218.
- Williams CM, Riddell PM, Scott LA. Comparison of preferences for object properties in the rat using paired- and free-choice paradigms. *Appl Anim Behav Sci*. 2008;112(1–2):146–157. DOI:10.1016/j.applanim.2007.07.013
- Winnicker C, Gaskill B, Garner JP, Pritchett-Corning K. Rat Behavior and Enrichment. In: *A Guide to the Behavior & Enrichment of Laboratory Rodents*. Wilmington, Massachusetts: Charles River Laboratories; 2016. p. 50–69.
- Wöhr M, Houx B, Schwarting RKW, Spruijt B. Effects of experience and context on 50-kHz vocalizations in rats. *Physiol Behav*. 2008;93(4–5):766–776. DOI:10.1016/j.physbeh.2007.11.031
- Wöhr M, Schwarting RKW. Ultrasonic Communication in Rats: Can Playback of 50-kHz Calls Induce Approach Behavior? *PLoS ONE*. 2007;2(12):e1365. DOI:10.1371/journal.pone.0001365
- Wolfer DP, Litvin O, Morf S, Nitsch RM, Lipp HP, Würbel H. Cage enrichment and mouse behaviour. *Nature*. 2004;432(7019):821–822.
- Würbel H. Ideal homes? Housing effects on rodent brain and behaviour. *Trends Neurosci*. 2001;24(4):207–211. DOI:10.1016/s0166-2236(00)01718-5
- Xing Y, Xia Y, Kendrick K, Liu X, Wang M, Wu D, et al. Mozart Rhythm and Retrograde Mozart Effects: Evidences from Behaviours and Neurobiology Bases. *Sci Rep*. 2016;6:18744. DOI:10.1038/srep1874
- Yamashita Y, Kawai N, Ueno O, Matsumoto Y, Oohashi T, Honda M. Induction of prolonged natural lifespans in mice exposed to acoustic environmental enrichment. *Sci Rep*. 2018;8(1):7909. DOI:10.1038/s41598-018-26302-x
- Young RJ. *Environmental enrichment for captive animals*. UFAW Animal Welfare Series. London: Blackwell Science Ltd; 2003.
- Zorzo C, Méndez-López M, Méndez M, Arias JL. Adult social isolation leads to anxiety and spatial memory impairment: Brain activity pattern of COx and c-Fos. *Behav Brain Res*. 2019;365:170–177. DOI:10.1016/j.bbr.2019.03.011

Internetressourcen

- AALAS (American Association for Laboratory Animal Science). Techniques Training: Rat. 2013 [cited 2024 April 10]. Available from: <https://www.aalas.org/store/detail?productId=4421719>
- Allentown. 5 Simple Ways to Improve Your Laboratory Rats' Well-Being [cited 2024 April 23]. Available from: <https://blog.allentowninc.com/5-simple-ways-to-improve-your-laboratory-rats-well-being/>
- ARRP (Animal Research Review Panel). Guidelines for the Housing of Rats in Scientific Institutions. Orange NSW, Australia: Animal Welfare Branch NSW Department of Primary Industries. 2007 [cited 2024 April 23]. Available from: https://www.animaletics.org.au/__data/assets/pdf_file/0014/222512/housing-rats-scientific-institutions.pdf
- Berdy M. The laboratory rat: A natural history. Film. 2002 [cited 2024 April 10]. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=giu5WjUt2GA>
- BMBWF – Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF, 2021ff.): Tierversuchstatistiken [cited 2024 April 10]. Available from: <https://www.bmbwf.gv.at/Themen/Forschung/Forschung-in-%C3%96sterreich/Services/TierV/TVStat.html>
- European Commission: Summary Report on the statistics on the use of animals for scientific purposes in the Member States of the European Union and Norway in 2019. Staff Working Document, Brussels, 15.7.2022 SWD(2022) 199 final, Part 1 [cited 2024 April 23]. Available from: https://www.parlament.gv.at/dokument/XXVII/EU/109627/imfname_11170301.pdf
- Greenman MJ, Duhring FL. Breeding and care of the albino rat for research purposes. Philadelphia: The Wistar institute of anatomy and biology. 1923 [cited 2024 May 16]. Available from: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015025327712&seq=7>
- GV-SOLAS, Gesellschaft für Versuchstierkunde. Tiergerechte Haltung von Laborratten. Fachinformation aus dem Ausschuss für Tiergerechte Labortierhaltung. 2017 [cited 2024 May 16]. Available from: https://www.gv-solas.de/wp-content/uploads/2017/10/Tiergerechte-Haltung-Ratten_2017.pdf
- Kelder R. Even Rodents Need a Break From the Kids. Research Models. 2014 [cited 2024 April 10]. Available from: <https://www.criver.com/eureka/even-rodents-need-a-break-from-the-kids>
- LMU (Ludwig-Maximilians-Universität München). Entwicklung eines praxistauglichen „Gentling“ Verfahrens zur Sozialisierung von Laborratten auf Menschen [cited 2024 April 10]. Available from: https://www.tierhyg.vetmed.uni-muenchen.de/forschung/forsch_projekte/gentling_laborratten/index.html
- National Research Council. Guide to the Care and Use of Laboratory Animals, 8th ed. 2011 [cited 2024 April 02]. Available from: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/12910/guide-for-the-care-and-use-of-laboratory-animals-eighth>
- NC3Rs (National Centre for the Replacement, Refinement and Reduction of Animals in Research) Handling and training of mice and rats for low stress procedures (Webinar and Video) [cited 2024 April 15]. Available from: <https://www.nc3rs.org.uk/handling-and-training-mice-and-rats-low-stress-procedures>
- NC3Rs (National Centre for the Replacement, Refinement and Reduction of Animals in Research). Grimace Scale Rat. 2015 [cited 2024 April 15]. Available from: <https://www.nc3rs.org.uk/3rs-resources/grimace-scales/grimace-scale-rat>

- NC3Rs. IAT Congress 2017, Workshop summary: Playtime for Rats. 2017 [cited 2024 April 15]. Available from: <https://www.nc3rs.org.uk/iat-congress-2017-workshop-summary-playtime-rats>
- NC3Rs. Refinement and Reduction of Animals in Research: Mouse handling research papers. 2023 [cited 2024 May 15]. Available from: <https://www.nc3rs.org.uk/sites/default/files/2023-08/Mouse%20handling%20research%20papers%20table.pdf>
- RSPCA, Research Animals Department. Rats: Good Practice for housing und care. 3rd ed. 2011 [cited 2024 April 23]. Available from: <https://science.rspca.org.uk/documents/1494935/9042554/Rats+%282011%29+%28PDF+466KB%29.pdf/231cfe7a-632d-83c3-6eb1-3aa3037a8b44?t=1557664882798>
- Reinhardt V, Reinhardt H. Variables, Refinement and Environmental Enrichment for Rodents and Rabbits kept in research institutions. Animal Welfare Institute. 2006 [cited 2024 May 14]. Available from: https://www.awionline.org/sites/default/files/publication/digital_download/Store-VariablesRefinementFullPublication.pdf
- RISE (Research Institute of Sweden). Training video (55 min) in laboratory animal handling [cited 2024 April 10]. Available from: <https://www.ri.se/en/what-we-do/expertises/3r-focus-on-animal-welfare>
- Russell WMS, Burch RL. The Principles of Humane Experimental Technique. 1959 [cited 2024 April 10]. Available from: <https://caat.jhsph.edu/principles/the-principles-of-humane-experimental-technique>
- Tierversuchskommission des Bundes (oJ): Empfehlungen für die Arbeitsweise von Tierschutzgremien gemäß § 21 TVG 2012 [cited 2024 April 10]. Available from: <https://www.bmbwf.gv.at/Themen/Forschung/Forschung-in-%C3%96sterreich/Services/TierV.html>
- TVT (Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e.V.: Merkblatt Nr. 160 – Heimtiere: Ratten. 2014 [cited 2024 May 20]. Available from: <https://www.tierschutz-tvt.de/alle-merkblaetter-und-stellungnahmen/#c270>

Rechtsgrundlagen

Europäische Union

- RL 86/609/EWG zur Annäherung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten zum Schutz der für Versuche und andere wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere, ABl. L 358. [durch Art. 62 der RL 2010/63/EU mit Wirkung vom 1.1.2013 aufgehoben].
- RL 2010/63/EU des Europäischen Parlaments und des Rates v. 22. September 2010 zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere. ABl. L 276/33 v. 20.10.2010 idfG.
- Empfehlung der Kommission 2007/526/EG v. 18. Juni 2007 mit Leitlinien für die Unterbringung und Pflege von Tieren, die für Versuche und andere wissenschaftliche Zwecke verwendet werden, (ABl. L 197/1 v. 30.7.2007.

Österreich

- BG über Versuche an lebenden Tieren (Tierversuchsgesetz 2012 – TVG 2012), BGBl. I Nr. 114/2012 v. 28.12.2012, Art. 1. idF BGBl. I Nr. 76/2020 v. 24.07.2020.
- VO zur Durchführung des Tierversuchsgesetzes 2012 (Tierversuchs-Verordnung 2012 – TVV 2012), BGBl. II Nr. 522/2012 v. 28.12.2012 idF BGBl. II Nr. 542/2020 v. 04.12.2020.
- VO über die Haltung, Unterbringung und Pflege, Zucht- und Liefer-einrichtungen sowie Kennzeichnung von Versuchstieren (Tierversuchs-Verordnung 2000), BGBl. II Nr. 198/2000 [aufgehoben].

Deutschland

Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung v. 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 20 des Gesetzes vom 20. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2752) geändert worden ist.

Please cite as:

Binder R, Chvala-Mannsberger S. Möglichkeiten zur Verbesserung der Lebensqualität von (Labor-) Ratten durch Enrichment-Maßnahmen – ein Überblick. Wien Tierarztl Monat – Vet Med Austria. 2024;111:Doc9. DOI:10.5680/wtm000036

Copyright ©2024 Binder and Chvala-Mannsberger. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License. See license information at <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>