

TEXTE

33/2025

Abschlussbericht

Nicht-chemische Alternativen der Schädlingsbekämpfung: Methoden zur Prüfung und Bewertung von nicht- chemischen Verfahren zur Bekämpfung von Nagetieren

von:

Bernd Walther, Jens Jacob unter Mitarbeit von Paul Beilmann, Hendrik Ennen, Valeska Gajewski,
Oliver Schäper, Heinz Walther
Julius Kühn-Institut, Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik, Münster

André Bohot, Peter Hantschke, Sven Werdin

Technische Universität Dresden, Institut für Festkörpermechanik, Dresden

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 33/2025

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3719 67 405 0
FB001454

Abschlussbericht

Nicht-chemische Alternativen der Schädlingsbekämpfung: Methoden zur Prüfung und Bewertung von nicht- chemischen Verfahren zur Bekämpfung von Nagetieren

von

Bernd Walther, Jens Jacob unter Mitarbeit von Paul
Beilmann, Hendrik Ennen, Valeska Gajewski, Oliver
Schäper, Heinz Walther

Julius Kühn-Institut, Institut für Epidemiologie und
Pathogendiagnostik, Münster

André Bohot, Peter Hantschke, Sven Werdin

Technische Universität Dresden, Institut für
Festkörpermechanik, Dresden

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
E-Mail: buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

Julius Kühn-Institut (JKI) - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik
Toppheideweg 88
48161 Münster

Abschlussdatum:

Januar 2023

Redaktion:

Fachgebiet IV 1.4 Gesundheitsschädlinge und ihre Bekämpfung
Anke Geduhn, Annika Schlötelburg

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, März 2025

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Nicht-chemische Alternativen der Schädlingsbekämpfung: Methoden zur Prüfung und Bewertung von nicht-chemischen Verfahren zur Bekämpfung von Nagetieren

Die auf dem deutschen Markt erhältlichen Schlag- und Elektrofallen für Hausmäuse und Wanderratten wurden nach Auslösetypen und Abmessungen kategorisiert. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse konstruierten wir ein Gerät zur Bewertung von Federenergie, Auslösekraft, Impuls und Klemmkraft und wir entwickelten eine Messanordnung zur Bestimmung der effektiven Spannung und der Stromstärke von Elektrofallen. Daraus wurden die effektive Stromstärke und die effektive Energie berechnet, die auf einen gefangenen Nagetierkörper einwirken. Schließlich führten wir Messreihen durch, um deskriptive Daten über die Eigenschaften der Fallen zu erhalten. Die Messungen wurden ohne Einsatz von Tieren durchgeführt. Alle gemessenen Faktoren wiesen Variabilität zwischen den verschiedenen Fallenmodellen und Auslösetypen auf und es gab beträchtliche Überschneidungen zwischen Mäuse- und Rattenfallen. Bei den meisten Fallenmodellen gab es keinen Unterschied zwischen neuen Fallen und Fallen, die 20 Mal ausgelöst worden waren. Bei den Elektrofallen nahmen der effektive Strom und die effektive Energie mit geringerer Eingangsspannung ab; die Fallen zeigten eine schwache Batterie durch LED-Leuchten an. Ein Modell schaltete sich bei zu niedriger Eingangsspannung automatisch ab. Mit dem Gerät und der elektronischen Anordnung kann die Mehrzahl der auf dem Markt erhältlichen Schlagfallenmodelle und Elektrofallen auf standardisierte Weise bewertet werden. Der Abgleich der in dieser Studie gewonnenen Daten mit Ergebnissen aus Tierversuchen und Erfahrungen aus der Schädlingsbekämpfungs-Praxis sollte es ermöglichen, die Eigenschaften von Fallen mit der Wirksamkeit und dem Tierschutz in Verbindung zu bringen. Dies kann die weitere Entwicklung und Optimierung von Fallen für die nicht-chemische Nagetierbekämpfung unterstützen.

Abstract: Non-chemical alternatives in pest control: methods to assess and evaluate non-chemical devices for rodent pest control

We categorised snap traps and electronic traps for house mice and Norway rats available on the German market according to trigger types and dimensions. Based on these findings we constructed a device to assess spring energy, triggering force, impulse and clamping force and we developed an arrangement to measure effective voltage and current of electronic traps to calculate effective current and effective energy taking effect on the bodies of trapped rodents. Finally, we performed measurement series to generate descriptive data of trap characteristics. Measurements were run without animal use. All measured factors showed variability among snap trap models and trigger types and there was considerable overlap between mouse and rat traps. For most trap models, there was no difference between new snap traps and traps that had been triggered 20 times. In electronic traps, the effective current and effective energy decreased with lower voltage input but the traps indicated weak battery by LED lights and one model switched of automatically when voltage input was low. With the device and the electronic arrangement, the majority of snap trap models and electronic traps available on the market can be assessed in a standardised and repeatable way. Matching the data generated in this study with results from animal experiments and experiences from pest control practitioners should allow relating properties of traps to efficacy and animal welfare issues. This can support further development and optimisation of traps for non-chemical rodent pest control.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis.....	9
Abkürzungsverzeichnis.....	9
Zusammenfassung.....	10
Summary.....	18
1 Einleitung.....	25
2 Projektziele.....	27
3 Material und Methoden.....	28
3.1 Klassifizierung von Schlag- und Elektrofällen für Hausmäuse und Ratten.....	28
3.1.1 Charakterisierung von Schlagfallen.....	28
3.1.2 Charakterisierung von Elektrofällen.....	28
3.2 Messvorrichtung zur Ermittlung physikalischer Kenngrößen von Schlagfallen.....	28
3.2.1 Messung der Auslösekraft.....	29
3.2.2 Messung von Impuls und Klemmkraft.....	29
3.2.3 Messung der Federenergie.....	30
3.2.4 Messgestell.....	30
3.2.5 Aufbereitung und Auswertung der Messsignale.....	30
3.3 Kenngrößen von Schlag- und Elektrofällen für Hausmäuse und Ratten.....	31
3.3.1 Raummaße und Gewichte von Schlag- und Elektrofällen.....	31
3.3.2 Messung der Kräfte von Schlagfallen.....	31
3.3.3 Messung der Elektrofällen.....	32
3.4 Statistische Auswertung.....	35
4 Ergebnisse.....	37
4.1 Klassifizierung von Schlag- und Elektrofällen für Hausmäuse und Ratten.....	37
4.1.1 Charakterisierung von Schlagfallen.....	37
4.1.2 Charakterisierung von Elektrofällen.....	39
4.2 Messvorrichtung zur Ermittlung physikalischer Kenngrößen von Schlagfallen.....	40
4.2.1 Messung der Auslösekraft.....	40
4.2.2 Messung der Federenergie.....	41
4.2.3 Messung von Impuls und Klemmkraft.....	43
4.2.4 Messgestell.....	44
4.2.5 Aufbereitung und Auswertung der Messsignale.....	45
4.3 Kenngrößen von Schlag- und Elektrofällen für Hausmäuse und Ratten.....	46

4.3.1	Raummaße und Gewichte von Schlag- und Elektrofallen	46
4.3.2	Messung der Kräfte von Schlagfallen für Mäuse	47
4.3.2.1	Auslösekraft von Schlagfallen für Mäuse.....	47
4.3.2.2	Impuls von Schlagfallen für Mäuse.....	47
4.3.2.3	Klemmkraft von Schlagfallen für Mäuse.....	47
4.3.2.4	Federenergie von Schlagfallen für Mäuse	48
4.3.2.5	Rangsummen von Schlagfallen für Mäuse.....	48
4.3.3	Messung der Kräfte von Schlagfallen für Ratten	51
4.3.3.1	Auslösekraft von Schlagfallen für Ratten.....	51
4.3.3.2	Impuls von Schlagfallen für Ratten.....	52
4.3.3.3	Klemmkraft von Schlagfallen für Ratten.....	52
4.3.3.4	Federenergie von Schlagfallen für Ratten	52
4.3.3.5	Rangsummen von Schlagfallen für Ratten.....	53
4.3.4	Elektrofallen.....	54
5	Diskussion.....	57
5.1	Klassifizierung von Schlag- und Elektrofallen für Hausmäuse und Ratten	57
5.1.1	Charakterisierung von Schlagfallen	57
5.1.2	Charakterisierung von Elektrofallen	57
5.2	Messvorrichtung zur Ermittlung physikalischer Kenngrößen von Schlagfallen.....	58
5.3	Kenngrößen von Schlag- und Elektrofallen für Hausmäuse und Ratten.....	58
5.3.1	Messung der Kräfte von Schlagfallen	59
5.3.2	Messung der Kräfte von Elektrofallen	60
5.4	Schlussfolgerungen	61
6	Quellenverzeichnis	62
A	Anhang	65
A.1	Vergleich der Referenz-Schlagfallen für Ratten und Hausmäuse mit bauähnlichen Schlagfallen (Duplikat-Schlagfallen).....	65
A.1.1	Einleitung	65
A.1.2	Material und Methoden	65
A.1.3	Ergebnisse.....	65
A.1.4	Schlussfolgerungen	66
A.2	Vorrichtung zur Charakterisierung von Schlagfallen auf der Grundlage physikalischer Größen	67
A.3	Messvorrichtung zur Charakterisierung von Schlagfallen auf Grundlage von objektiv messbaren physikalischen Größen – Kurzanleitung Messung und Auswertung	68

A.3.1	Messung.....	68
A.3.2	Auswertung.....	71
A.3.3	Kontrollmessungen	73
A.4	Kurzanleitung und Checkliste zur Vermessung von Elektrofallen für Hausmäuse und Ratten.....	75
A.5	Messwertdatei Fallenmaße	80
A.6	Messwertdatei Schlagfallen	80
A.7	Messwertdatei Elektrofallen.....	80

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Schlagfalle mit „Maus-Dummy“	32
Abb. 2: Präparierte Tunnelfallen	32
Abb. 3: Blockschaltbild zur Messung der Elektrofallen	33
Abb. 4: Versuchsanordnung zur Messung der Elektrofallen	33
Abb. 5: Schlagmechanismen, Bau- und Auslöseformen von Schlagfallen für Hausmäuse und Ratten	38
Abb. 6: Messplätze für A) Federenergie, B) Auslösekraft, C) Impuls- und Klemmkraft	43
Abb. 7: Gestell mit der Messtechnik zur Prüfung von Schlagfallen	45
Abb. 8: Aufnahme, Aufbereitung und Auswertung der Messsignale.....	46
Abb. 9: Physikalische Kenngrößen von Schlagfallen für Hausmäuse	51
Abb. 10: Physikalische Kenngrößen von Schlagfallen für Ratten	53
Abb. 11: Kenngrößen von Elektrofallen für Hausmäuse und Ratten	56

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht physikalischer Kenngrößen und Rangliste der getesteten
Schlagfallen für Hausmäuse und Ratten49

Abkürzungsverzeichnis

A	Ampere (Einheit der physikalischen Größe elektrische Stromstärke)
Bit	„Binary Digit“ (Binärziffer)
DMS	Dehnungsmessstreifen
ggf.	gegebenenfalls
Hz	Hertz (Einheit der physikalischen Größe Frequenz)
I	Formelzeichen der elektrischen Stromstärke
J	Joule (Einheit der physikalischen Größe Energie)
kHz	Kilohertz (Einheit der physikalischen Größe Frequenz)
LED	Light Emitting Diode (Leuchtdiode)
mA	Milliampere (Einheit der physikalischen Größe elektrische Stromstärke)
MEMS	Micro-Electro-Mechanical-Systems (sehr kleine Bauteile, die Logik- und mikromechanische Elemente in einem elektronischen Chip vereinen)
min	Minute (Einheit der physikalischen Größe Zeit)
N	Newton (Einheit der physikalischen Größe Kraft)
NoCheRo-Initiative	Non chemical alternatives for rodent control - Initiative
Nm	Newtonmeter (Einheit der vektoriellen Größe Drehmoment)
R	Formelzeichen des elektrischen Widerstandes
TRMS-Multimeter	True root mean square Multimeter
s	Sekunde (Einheit der physikalischen Größe Zeit)
U	Formelzeichen der elektrischen Spannung
UBA	Umweltbundesamt
V	Volt (Einheit der physikalischen Größe elektrische Spannung)
V_{ss}	Volt Spitze-Spitze (Spannung zwischen dem positiven und negativen Umkehrpunkt einer Periode, hier einer Sinus-Wechselspannung)

Zusammenfassung

EINLEITUNG

Manche Nagetierarten bereiten Probleme, weil sie Infrastruktur schädigen, Lagergut anfressen oder kontaminieren und Hygiene-/Gesundheitsschädlinge sind. Deshalb kann eine Bekämpfung erforderlich werden und z.B. mit Fallen erfolgen. Optimale Schlagfallen sind technisch so beschaffen, dass sie effektiv fangen und beim Fang kein unnötiges Tierleid hervorgerufen wird. Harmonisierte, systematische Testmethoden sind erforderlich, um Schlagfallen zu prüfen, damit sie tierschutzgerecht sind und nur Produkte und Methoden zugelassen werden, die akzeptierten Standards entsprechen. In Europa existieren momentan keine verbindlichen tierschutzrechtlichen Bewertungsgrundlagen für Fallensysteme zum Nagetierfang, mit Ausnahme von Schweden und von manchen Arten, die unter das Jagdrecht fallen. Im NoCheRo Leitfaden (Non-chemical alternatives for rodent control) sind Testmethoden für Schlagfallen beschrieben.

Zwei grundlegend unterschiedliche Fallen werden in der Regel in Europa zum Management von Hausmäusen und Rattenarten verwendet: Fallen mit mechanischer Wirkung (v.a. Schlagfallen) und Fallen mit elektrischer Wirkung. Schlagfallen sind besonders effektiv, wenn der Schädel bzw. die Halswirbelsäule getroffen wird. Stromfallen sollten umso besser wirken, je geringer der Eintrittswiderstand des Stromes in den Tierkörper ist und je schneller der Strom in ausreichender Menge das Gehirn des Tieres erreicht. Jedoch ist unklar, welche mechanischen Kräfte bzw. welche elektrischen Parameter optimal sind, um eine letale Wirkung schnell zu erzielen.

Wie im NoCheRo-Leitfaden beschrieben sollten Testsysteme zur Messung technischer Kernparameter von Fallen zur Einschätzung herangezogen werden, ob ein Fallenmodell überhaupt zum tierschutzgerechten und effektiven Töten von Zielnagern geeignet sein kann. Sollte das nicht der Fall sein, sollten solche ungeeigneten Modelle von weiteren Tests im Rahmen von Prüfverfahren (z.B. im Tierversuch) ausgeschlossen werden. Zwar wurden für einen solchen Ansatz schon vor langer Zeit Prototypen für entsprechende Testgeräte entwickelt, jedoch v.a. für bestimmte größere Pelztierarten, die für Fallen gegen Schadnager ungeeignet sind. Für Nagetiere existiert lediglich eine Versuchsbeschreibung mit Ergebnissen für Ratten- und Mäusefallen sowie eine Methodenbeschreibung im NoCheRo Leitfaden, so dass auch hier erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht.

ZIELE

Ziel dieses Forschungs- und Entwicklungsprojektes war die Weiterentwicklung und Optimierung einer geeigneten Testmethode zur Prüfung von Fallensystemen zur Nagetierbekämpfung mit einer eigens dafür entwickelten Apparatur. Folgende Aspekte sollten dabei untersucht werden:

- Charakterisierung von Schlagfallen für Ratten und Hausmäuse anhand physikalisch-technischer Parameter
- Entwicklung einer Testmethode und einer Messapparatur zur Bestimmung der für die Tötung der Zielorganismen relevanten physikalischen Eigenschaften der Fallen
- Durchführung von Messreihen mit den entwickelten Messapparaturen an einer Auswahl auf dem Markt erhältlichen Nagetierfallen

MATERIAL UND METHODEN

Um eine erste Übersicht über Schlag- und Elektrofällen zu bekommen, wurde mit Internet-Suchmaschinen recherchiert. Danach wurden Fallenhersteller-Firmen und Fachhändler im Bereich der Schädlingsbekämpfung über Ausstellerlisten europäischer Fachmessen ermittelt und die angebotenen Fallentypen begutachtet. Außerdem wurden die Angebote in deutschen Bau- und Gartenmärkten sowie im Versandhandel und im Fachhandel für den landwirtschaftlichen Bedarf geprüft.

Von einer Vorauswahl von 61 Maus- und 42 Ratten-Schlagfallen wurden 20 Maus- und 14 Ratten-Schlagfallenmodelle ausgewählt, die in ihrer Bauform möglichst stark voneinander abwichen und die lieferbar waren (Referenzmodelle). Diese Modellauswahl bildete die Grundlage für die Charakterisierung der Fallen und für die Entwicklung der Messapparatur. Sieben Maus- und sieben Ratten-Schlagfallenmodelle, die den Referenzmodellen sehr ähnlich sahen bzw. baugleich waren (Duplikatmodelle), wurden ebenfalls einbezogen.

Aus den verfügbaren Angeboten an Stromfallen wurden zwei Maus- und eine Ratten-Elektrofalle als Referenzmodelle für die Charakterisierung und die Messung physikalischer Kenngrößen ausgewählt und je Modell zwei Elektrofällen beschafft.

Die Beschaffenheit der Schlag- und Elektrofällen wurde detailliert untersucht und die Modelle im Hinblick auf verwendete Materialien, Baugröße, Bauteilformen, Fallenaufbau, Fallenhandhabung sowie der Gestaltung der Spann-, Auslöse- und Wirkmechanismen charakterisiert. Anschließend wurden die Fallen anhand von Gemeinsamkeiten und Unterschieden sortiert und gruppiert, um möglichst wenige, klar voneinander unterscheidbare und plausible Grundtypen definieren zu können.

Die Raummaße der einzelnen Fallen sowie die Maße verschiedener Fallen-Bauteile wurden mit einer elektronischen Schieblehre auf 0,1 Millimeter genau bzw. einem Stahlmaßstab millimetergenau ermittelt. Die Fallengewichte wurden mit einer Laborwaage grammgenau bestimmt.

Schlagfallen

Für die Entwicklung der Messapparatur wurden die Auslösekräfte der Schlagfallen mit Wägestücken einer Feinwaage (1-50g) ermittelt. Zur Bestimmung der Impulsänderung wurde der Kraftverlauf beim Zuschlagen der Fallen über der Zeit gemessen. Die Messung der Klemmkraft erfolgte direkt und statisch. Für die Ermittlung der potenziellen Energie der gespannten Federn der Schlagfallen wurde der Verlauf des zum Aufspannen nötigen Moments über dem Auslenkungswinkel verwendet. Die ausgewählten Sensoren wurden in einem gemeinsamen Messgestell angeordnet, um alle relevanten Messungen in einer Apparatur und mit geringem Konfigurationsaufwand durchführen zu können. Dafür wurde ein Aufbau mit elektronischen Sensoren gewählt, deren Messsignale über Wandler in einem digitalen Oszilloskop zusammengeführt und von dort an einen Computer zur bildhaften Darstellung und Messwertspeicherung ausgegeben werden. Die Ermittlung der Messwerte erfolgte anschließend mit einer eigens programmierten Software, in der die Messkurven weiter gefiltert sowie relevante Messbereiche und weitere Parameter definiert werden konnten.

Je Referenzmodell wurden fünf Fallen und je Duplikatmodell zwei Fallen ausgewählt. Um die verschiedenen Fallenmodelle an den drei Messplätzen der Messapparatur einzuspannen, wurden sie mit Schrauben mittig auf standardisierten Holzplatten befestigt. Tunnelfallen, bei denen der Fallenmechanismus im inneren eines Gehäuses verborgen lag, wurden zuvor so weit geöffnet, dass die Mechanik frei lag und in der Messapparatur gemessen werden konnte. Je Falle erfolgten zwei Messdurchgänge, immer in der Reihenfolge Federenergie – Auslösekraft -

Impuls+Klemmkraft. Im ersten Durchgang waren die Fallen fabrikneu. Im zweiten Durchgang wurden die Fallen zuerst mit einem „Dummy“ aus zusammengerollten und mit Isolierband fixierten Papierhandtüchern zwanzig Mal ausgelöst und anschließend gemessen.

Je Messgröße und Durchgang wurden drei Messungen durchgeführt und die Messkurven standardisiert abgespeichert. Anschließend wurden die Messkurven mit der Auswertesoftware analysiert und die erhaltenen Messwerte gespeichert. Für die weitere Auswertung wurden die Messwerte exportiert und in Excel bearbeitet. Für jede Falle erfolgten drei Messungen. Für den Vergleich von Duplikatmodellen (je zwei Fallen) mit ihrem Referenzmodell (5 Fallen) wurden nur die Mittelwerte der ersten beiden Fallen zum Mittelwert des Referenzmodells zusammengefasst.

Für jede Variable kamen zwei statistische Modelle zur Anwendung, um die Auswirkungen des Fallenmodells, des Zustands (neu/20-mal ausgelöst) und des Auslösetyps (Tritt-/Hub/Zugauslösung) auf die Parameter Auslösekraft, Impuls, Klemmkraft und Federenergie zu bewerten. Dies wurde für Mäuse- und Rattenfallen getrennt durchgeführt. Im ersten Modell wurde die Wirkung von Fallenmodell und -zustand mit einer ANOVA mit den Faktoren Zustand, Fallenmodell und deren Interaktion auf die vier Parameter getestet. Signifikante Interaktionseffekte wurden für neue und gebrauchte Modelle desselben Fallenmodells angegeben. Die Auswirkungen des Auslösetyps wurden separat mit einer ANOVA getestet.

Entsprechend der Ergebnisse der Tukey-Post-hoc-Tests wurden die Fallenmodelle in Bezug auf Impuls, Klemmkraft und Federenergie in absteigender Reihenfolge angeordnet (niedrigste Rangnummer für den höchsten Parameterwert). Die Auslösekraft wurde nicht berücksichtigt, da sowohl ein zu niedriger (Auslösung bei leichten Nichtzielorganismen) als auch ein zu hoher Wert (Auslösung nur durch Druck/Zug am Köder nicht möglich) problematisch sein kann. Die Rangzahlen für diese drei Parameter wurden für jedes Fallenmodell addiert, was zu einer Rangsumme führte, die zum Vergleich der relativen Gesamtleistung der Fallenmodelle verwendet wurde.

Elektrofallen

Während der Versuchsmessungen zeigte sich, dass die Messgrößen von Elektrofallen im zeitlichen Verlauf nur geringen Schwankungen unterliegen. Deshalb wurde auf die hochauflösende, aufwendige Messkurvenaufzeichnung mittels Oszilloskop verzichtet und stattdessen quasistatische Messungen zu Beginn und zum Ende der Fallenauslösungen mit einem TRMS (True root mean square)-Multimeter durchgeführt. Für die Durchführung der Messungen war es notwendig, vor Beginn die geschützten Auslösebereiche der Elektrofallen zu öffnen, Schutzvorrichtungen zu deaktivieren und ggf. nutzbare Kontaktpunkte für Stromversorgung, Messgeräte und Auslösekörper zu schaffen. Anschließend wurde die Versuchsanordnung auf einer isolierten Arbeitsplatte aufgebaut.

Die Stromversorgung der Elektrofallen erfolgte über ein Labornetzgerät, mit dem verschiedene Eingangsspannungen eingestellt, und so fabrikneue sowie alternde Batterien simuliert werden konnten. Die Ausgangsstromstärke wurde auf 2,5 A eingestellt. Für die Messung der Hochspannung wurde ein passiver Hochspannungs-Tastkopf zwischen die Kontaktflächen der Elektrofallen geschaltet und mit einem TRMS-Multimeter verbunden. Die Fallenauslösung erfolgte durch eine statische Überbrückung der Fallen-Kontaktflächen mit verschiedenen elektrischen Widerständen als Simulation für auslösende Nagetiere („Nagetier-Dummy“).

Für jede Elektrofalle wurde die Form der abgegebenen Wechselspannung sowie die Störstrahlung mit einem Oszilloskop gemessen. Außerdem wurde für jede Elektrofalle die Taktfrequenz der abgegebenen Wechselhochspannung mit dem Multimeter ermittelt.

Für jede Kombination von Eingangsspannung und Auslöseform wurden drei Stromstärke- und Hochspannungs-Messungen durchgeführt und anschließend die Mittelwerte für die aufgenommenen Messgrößen berechnet. Außerdem wurde notiert, ob die Batteriewarnanzeige (geringe Spannungsversorgung) der Elektrofalle ansprang. Zwischen den Messdurchgängen lagen Pausen von mindestens 2 min, in denen die Fallen stromlos waren. Zwischen Aufladen und Auslösen der Falle wurden Pausen von ca. 20 s eingehalten.

Während jedes Messdurchganges wurde die Ausgangsspannung und die Ausgangsstromstärke vom Labornetzgerät an die Elektrofalle sowie die von der Elektrofalle abgegebene Hochspannung protokolliert. Die Dauer der Aufladung der Elektrofalle und die Dauer der Auslöseintervalle wurde sekundengenau mit einer digitalen Stoppuhr ermittelt.

Entscheidend für die Wirkung auf Hausmäuse und Ratten sind die über die Kontaktflächen der Elektrofalle abgegebene Hochspannung sowie die dabei in den Nagetieren wirkende effektive Stromstärke, die wiederum vom effektiven elektrischen Körperwiderstand des Tieres abhängig ist, den es zwischen den Fallenkontaktflächen bildet. Aus den Messwerten wurden die auf das Tier einwirkende Energie, die effektive Stromstärke und die Periodendauer berechnet.

Für die elektronischen Fallenmodelle wurden die Daten gepoolt und ein vollfaktorielles ANOVA-Modell verwendet, um die Auswirkungen von Eingangsstrom und Widerstand auf die Parameter effektive Stromspannung, Stromstärke, effektive Stromstärke und effektive Energie zu bewerten.

ERGEBNISSE

Alle untersuchten Schlagfallen für Hausmäuse und Ratten bestanden aus einem Grundkörper, einer Schlagmechanik und einer Auslösevorrichtung. Die Grundkörper bestanden aus Holz, Metall oder Kunststoff. Die Schlagmechanik bestand in der Regel aus den Schlagelementen, die entweder als Schlagbügel aus einem Metalldraht oder als Kunststoff-Formteile gefertigt waren sowie aus Speicherelementen für die Schlagenergie in Form von Metallfedern verschiedener Materialstärke und Bauart. Alle untersuchten Schlagfallen waren einmal-fängige Modelle, die nach einer Fallenauslösung per Hand neu gespannt werden mussten und sich in der 1) Art des Schlagmechanismus, 2) der Fallenkonstruktion und Bedienung sowie 3) der Art der Fallenauslösung durch Zielorganismen unterschieden.

Für die Untersuchungen standen zwei Elektrofalle für Hausmäuse und eine Elektrofalle für Ratten zur Verfügung, alle von einer Hersteller-Firma. Eine der Elektrofalle für Hausmäuse war ein mehrfach-fängiges Modell, die beiden anderen einfach-fängige Modelle. Die einfach-fängigen Elektrofalle mussten nach Auslösung durch Aus- und Einschalten wieder in den Betriebszustand versetzt werden.

Schlagfallen

Für die Aufnahme der Messtechnik wurde ein freistehender quaderförmiger Rahmen aus Aluminium-Profilen konstruiert, mit Messplätzen, an denen die Sensoren zur Bestimmung von Federenergie, Auslösekraft, Impuls und Klemmkraft angebracht sind. Zur Ermittlung der Kenngrößen wurden die Messkurven im Programm PicoPulse (TU Dresden, IFKM) geladen und ausgewertet. Die Kenngrößen wurden dann automatisch berechnet und angezeigt. Die strukturelle Gestaltung und die Bedienung der Messapparatur inkl. der Software wurden in einer Anleitung dargestellt (siehe Anhang A.2).

Auslösekraft

Die mittlere Auslösekraft aller Fallenmodelle betrug $0,14 \pm 0,03$ N, wobei sie sich z.T. deutlich und statistisch signifikant unterschieden. Fasst immer ähnelten die Auslösekräfte der Fallen im fabrikneuen Zustand ($0,15 \pm 0,04$ N) denen nach 20-facher Auslösung ($0,13 \pm 0,02$ N). Die Auslösekraft von Hausmausfallen mit Zug/Druckauslöser war etwa doppelt so groß wie bei Fallen mit Trittauslöser und Hubauslöser.

Die Fallenmodelle für Ratten wiesen Auslösekräfte zwischen 0,13 N und 1,4 N auf. Die Fallenmodelle unterschieden sich bezüglich ihrer Auslösekräfte z.T. deutlich und statistisch signifikant voneinander. Die mittlere Auslösekraft der Rattenfallen betrug $0,37 \pm 0,05$ N, wobei sich die gemessenen Werte zwischen dem fabrikneuen Zustand ($0,38 \pm 0,07$ N) und dem nach 20-facher Auslösung ($0,36 \pm 0,06$ N) nicht signifikant unterschieden. Die Auslösekraft von Rattenfallen mit Trittauslöser war ungefähr halb so stark wie bei Rattenfallen mit Zug/Druckauslöser und bei Hubauslösern. Das Rattenfallenmodell mit Hubauslöser wies eine mittlere Auslösekraft von $0,50 \pm 0,01$ N auf.

Impuls

Der mittlere Impuls der Fallenmodelle für Hausmäuse betrug $0,17 \pm 0,04$ Ns, wobei sich die einzelnen Fallenmodelle deutlich und statistisch signifikant voneinander unterschieden. Die Impuls-Werte der Hausmausfallen im fabrikneuen Zustand und nach 20-facher Auslösung unterschieden sich nicht. Der Impuls der vier Fallenmodelle mit Zug/Druckauslöser betrug im Mittel $0,33 \pm 0,15$ Ns. Er war >50% höher als bei den Modellen mit Trittauslöser und nahezu drei Mal so groß wie bei den Modellen mit Hubauslöser.

Der Impuls der Fallenmodelle für Ratten betrug im Mittel $0,55 \pm 0,04$ Ns. Die Werte der Fallenmodelle unterschieden sich statistisch signifikant. Fabrikneue Fallen und 20-fach ausgelöste Fallen wiesen fast immer ähnliche Impuls-Werte auf. Die vier Rattenfallenmodelle mit Zug/Druckauslöser wiesen mit einem mittleren Impuls von $0,71 \pm 0,05$ Ns einen um etwa 50% höheren Impuls als die Modelle mit Trittauslöser auf ($0,48 \pm 0,05$ Ns). Der Impuls des Rattenfallenmodells mit Hubauslöser betrug $0,57 \pm 0,05$ Ns. Zwischen Modellen mit Zug/Druckauslösern und Hubauslösern sowie zwischen Modellen mit Trittauslösern und Hubauslösern war der Impuls jeweils ähnlich (statistisch nicht signifikant).

Klemmkraft

Die Klemmkraft der Fallen für Hausmäuse lagen zwischen 1,35 und 8,95 N, im Mittel bei $4,4 \pm 0,45$ N. Bei manchen Modellen nahm die Klemmkraft zwischen Fallen im Neuzustand und 20-fach ausgelösten Fallen statistisch signifikant zu, bei anderen ab. Die Klemmkraft von Hausmausfallen mit Zug/Druckauslöser ($2,7 \pm 0,64$ N) war geringer als bei Modellen mit Trittauslösern ($4,7 \pm 0,54$ N) und Modellen mit Hubauslösern ($5,7 \pm 0,57$ N).

Bei Rattenfallen wurde eine mittlere Klemmkraft von $12,61 \pm 1,23$ N gemessen. Die Werte der einzelnen Modelle variierten zwischen 5,18-24,97 N. Bei dem Modell mit Hubauslöser war die Klemmkraft etwa doppelt so hoch wie bei den Modellen mit Zug/Druckauslösern und den Modellen mit Trittauslösern. Die Klemmkraften fabrikneuer und 20-fach ausgelöster Fallen ähnelten sich.

Federenergie

Die Federenergie der Fallenmodelle für Hausmäuse unterschied sich statistisch signifikant zwischen den einzelnen Modellen. Im Mittel betrug sie $0,46 \pm 0,08$ J. Die Federenergie zwischen neuen und 20-fach ausgelösten Fallen unterschied sich nur bei zwei Modellen statistisch signifikant. Die Federenergie war bei Fallen mit Trittauslösern ($0,53 \pm 0,09$ J) etwa drei Mal

höher als bei Fallen mit Hubauslösern ($0,17 \pm 0,04$ J) und etwa doppelt so hoch wie bei Fallen mit Zug/Druckauslösern ($0,26 \pm 0,13$ J).

Die Rattenfallen wiesen eine mittlere Federenergie von $4,12 \pm 0,53$ J auf. Die Federenergie variierte zwischen den Fallenmodellen. Fabrikneue und 20-fach ausgelöste Fallen unterschieden sich hinsichtlich ihrer Federenergie nicht. Rattenfallen mit Zug/Druckauslöser wiesen eine mehr als doppelt so hohe Federenergie auf als Fallen mit Hubauslösern und Fallen mit Trittauslösern.

Sowohl bei den Hausmaus- als auch bei den Rattenfallen war der Unterschied in den Rangsummen basierend auf Impuls, Klemmkraft und Federenergie erheblich und reichte von 4-37 bei Mäusefallen und von 4-23 bei Rattenfallen.

Elektrofallen

Die drei untersuchten Fallenmodelle benötigten drei, vier und sechs Sekunden für das Aufladen der Geräteelektronik. Die Einschalt- und Auslösedauern der beiden Testfallen jedes Modells waren gleich und sie änderten sich auch nicht bei unterschiedlich anliegenden Eingangsspannungen (4,5-3,6 V). Bei den beiden Fallen des mehrfach-fängigen Modells für Hausmäuse löste eine Falle bei einer Eingangsspannung von 5 V oder niedriger, die andere bei der Eingangsspannung von 4,5 V nicht mehr aus. Alle drei Elektrofallenmodelle gaben eine sinusförmige Wechsellspannung ab. Die Taktfrequenz der beiden einfach-fängigen Modelle für Hausmäuse und für Ratten betrug 3,2-3,3 kHz, die des mehrfach-fängigen Modells für Hausmäuse 3,7-3,9 kHz.

Die Effektivspannung nahm mit steigender Eingangsspannung und mit steigendem Dummy-Widerstand zu. Wurden bei Fallenauslösungen elektrische Widerstände statisch als Dummies für gefangene Nagetiere zwischen die Auslösekontakte geschaltet, so gaben die Elektrofallen bei einem Widerstand von $1\text{ k}\Omega$ und bei Eingangsspannungen von 4,5-6,3 V effektive Hochspannungen zwischen 155 ± 1 V und 264 ± 8 V ab. Das entsprach Spitzenspannungen zwischen 216 ± 1 V und 369 ± 8 V.

Die Stromstärke nahm mit steigender Eingangsspannung zu. Bei zwischengeschalteten Dummy-Widerständen war die Stromstärke 40% höher als während der Fallenaufladung oder bei Auslösung im Leerlauf. Die Stromstärke betrug beim Aufladen der Elektrofallen, bei Eingangsspannungen von 4,5 - 6,3 V, zwischen 205 ± 39 mA und 295 ± 57 mA. Während der Fallenauslösung wurden im Leerlauf Stromstärken zwischen 231 ± 4 mA und 291 ± 57 mA gemessen. Das mehrfach-fängige Modell für Hausmäuse benötigte für die Aufladung (134 ± 7 mA) und bei Auslösung im Leerlauf (150 ± 5 mA) nur eine etwa halb so große Stromstärke wie die beiden einfach-fängigen Fallen für Hausmäuse und Ratten mit 312 ± 13 mA bzw. 334 ± 18 mA. Bei Fallenauslösung mit einem zwischengeschalteten Dummy-Widerstand von $1\text{ k}\Omega$ lag die Stromstärke zwischen 296 ± 29 mA und 480 ± 53 mA. Ein zwischengeschalteter Dummy-Widerstand von $1,5\text{ k}\Omega$ resultierte in einer Stromstärke von 285 ± 27 mA bis 467 ± 27 mA.

Die effektive Stromstärke nahm mit steigender Eingangsspannung zu. Die errechneten, effektiv wirksamen Stromstärken im Nagetier-Dummy lagen beim Dummy-Widerstand von $1\text{ k}\Omega$ zwischen 155 ± 9 mA und 264 ± 8 mA, bei $1,5\text{ k}\Omega$ zwischen 121 ± 9 mA und 229 ± 5 mA und damit um $15 \pm 2\%$ niedriger als beim Dummy-Widerstand von $1\text{ k}\Omega$. Die effektive Energie stieg mit zunehmender Eingangsspannung. Bei einem Dummy-Widerstand von $1\text{ k}\Omega$ ($0,007 \pm 0,001$ J - $0,021 \pm 0,002$ J) lag die effektive Energie etwa 10% unter der des Dummy-Widerstandes von $1,5\text{ k}\Omega$ ($0,007 \pm 0,001$ J - $0,024 \pm 0,002$ J).

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Diese Studie liefert detaillierte Informationen über die technischen Eigenschaften einer großen Anzahl von weit verbreiteten Schlag- und Elektrofällen für Hausmäuse und kommensale Rattenarten. Dafür wurde spezielles Messgerät entwickelt und verwendet, um mehrere Fallenmerkmale standardisiert und replizierbar zu vermessen. Die Konstruktion des Messgeräts und die verbauten Sensoren war geeignet, die erheblichen Unterschiede zwischen Ratten- und Mäuseschlagfallen bei allen erforderlichen Parametern zu berücksichtigen. Mit dem hier entwickelten standardisierten Messaufbau konnten Elektrofällen erstmals vergleichend analysiert werden.

Die Bedienung des in dieser Studie entwickelten Geräts ist arbeitsintensiv, erfordert Expertenwissen, einige der Komponenten sind Sonderanfertigungen und einige sind kostspielig. Das Gerät bietet jedoch die Möglichkeit, den Einsatz von Tieren bei Fallentests zu minimieren, und einige der Messverfahren könnten in zukünftigen Versionen automatisiert werden.

Handelsübliche Schlagfallen lassen sich sehr gut nach der Art des Schlagmechanismus (Fallbügel-Schlagfallen, Drehbügel-Schlagfallen) bzw. nach Art der Fallenkonstruktion und Bedienung (Klassische Schlagfallen, Moderne Schlagfallen) sowie nach der Art der Fallenauslösung (Trittauslösung, Hubauslösung, Zug/Druckauslösung) charakterisieren.

Schlagfallen für bestimmte Zielarten (Mäuse/Ratten) mit verschiedenen Auslösemechanismen (Tritt-, Hub-, Zug/Druckauslösung) überschneiden sich weitgehend in Auslösekraft, Impuls, Klemmkraft und Federenergie. Ein unzureichender Impuls, eine unzureichende Klemmkraft und eine unzureichende Federkraft beeinträchtigen die Wirksamkeit der Fallen und geben Anlass zu Bedenken hinsichtlich des Tierschutzes. Die Leistung einer Elektrofalle hängt weitgehend von der auf den Zielorganismus einwirkenden Energie ab. Der Eingangsstrom und der Widerstand des Zielorganismus bestimmen die wirksame Energie.

Es gab nur wenige Fälle, in denen die mechanischen Parameter durch 20-maliges Auslösen von Fallen beeinflusst wurden. In den meisten Fällen waren die Unterschiede gering ($\leq 15\%$), was darauf hindeutet, dass die mechanischen Eigenschaften nach gelegentlichem Gebrauch nicht oder nur geringfügig nachlassen.

Die mittlere Auslösekraft der Fallen für Hausmäuse (0,15 N) war erwartungsgemäß geringer als die der Rattenfallen (0,37). Dies kann die Auslösung von Rattenfallen durch Hausmäuse und andere kleine Nichtzielorganismen mit ähnlichem Körpergewicht einschränken. Es ist nicht klar, wie die Auslösekräfte mit der Wirksamkeit von Schlagfallen beim Fang der Zielarten und dem Risiko des Fangs von Nichtzielarten zusammenhängen, aber eine hohe Auslösekraft könnte Zielnager ausschließen, oder Zielorganismen in ungünstiger Position treffen, und eine zu geringe Auslösekraft (von Rattenfallen) könnte zum Fang kleinerer Nichtzielarten führen.

Der mehr als doppelt so hohe Impuls von Rattenfallen im Vergleich zu Mäusefallen dürfte vermutlich dazu führen, die im Vergleich zur Maus größeren Rattenarten schnell zu töten. Das Gleiche gilt für die höhere Klemmkraft von Rattenfallen im Vergleich zu Mäusefallen, die geeignet sein sollte, Ratten effizient zu halten und zu töten.

Die Rangfolge von Ratten- und Mäusefallen erfolgte auf der Grundlage der Werte für Impuls, Klemmkraft und Federenergie. Dies diente dazu, Unterschiede zwischen den Fallenmodellen aufzuzeigen, kann aber nicht uneingeschränkt zur Bewertung der Qualität von Fallen im Hinblick auf die Fangeffizienz oder den Tierschutz herangezogen werden, da nicht bekannt ist, welche Bedeutung diese drei Parameter in der Praxis haben.

Sowohl bei Mäuse- als auch bei Rattenfallen ist ein Vergleich der Effektivität verschiedener Fallentypen im Tierversuch oder Praxiseinsatz unabdingbar, um Aussagen zu treffen, inwieweit

die Variabilität von Auslösekraft, Impuls, Klemmkraft und Federenergie einzeln oder in Kombination Einfluss auf die Fallenqualität und auf Tierschutzaspekte ausüben. Detailliertere Analysen von Fallenkonstruktionen wären hilfreich, um die Auswirkungen von Unterschieden in der Konstruktion (Weg den der Auslösemechanismus zum Auslösen zurücklegen muss, Winkel, Verbindung zwischen Auslöse- und Schlagmechanismus) allein oder in Kombination auf die Auslösekraft verschiedener Fallen- und Abzugskonstruktionen zu ermitteln.

Aus den hier erhobenen Daten können keine Schlussfolgerungen zu Wirksamkeit und zu Tierschutzfragen bei der praktischen Anwendung von Elektrofallen gezogen werden. Wie bei den Schlagfallen wäre dazu eine Verknüpfung der Informationen zu Effektivspannung, Stromstärke, Effektivstromstärke und effektiver Energie mit Ergebnissen empirischer Anwendungsdaten erforderlich.

Der umfassende Datensatz, den diese Studie für verschiedene Arten von Schlagfallen und elektronischen Fallen für Hausmäuse und Ratten liefert, sollte mit bestehenden quantitativen Informationen aus Tierversuchen verknüpft werden. Solche Daten sind aus Fallentests nach dem deutschen Infektionsschutzgesetz und möglicherweise auch aus anderen nationalen Fallenbewertungsprogrammen (z.B. Schweden) verfügbar. So könnte nicht nur die Wirksamkeit, sondern auch Tierschutzaspekte mit den technischen Falldaten verbunden werden. Dies würde es ermöglichen, Schwellenwerte für die Wirksamkeit und Tierschutzfragen zu ermitteln, die in praktische Empfehlungen und künftige Testverfahren einfließen könnten. Die Ergebnisse dieser Studie können zu einer gründlicheren Einschätzung von Fallen beitragen, um Fallen zu identifizieren, die eine tierschutzfreundliche Option zur Tötung kommensaler Nagetiere darstellen und gleichzeitig ein effektives Management von Schadnagern gewährleisten.

Summary

INTRODUCTION

Some rodent species cause problems because they damage infrastructure, eat or contaminate stored goods and they are hygiene/health pests. Therefore, management can be necessary and can be done with traps. Optimal snap traps are designed in such a way that they catch effectively and do not cause unnecessary suffering of animals during capture. Harmonized, systematic test methods are needed to test snap traps to ensure that they are animal welfare compliant and that only products and methods that meet accepted standards are approved. In Europe, there is currently no binding animal welfare assessment for rodent trapping, except for Sweden and for particular species covered by hunting legislation. Suitable test methods have been published in the NoCheRo (Non-chemical alternatives for rodent control) guidance.

Two fundamentally different traps are generally used in Europe for the management of house mice and rat species: mechanical traps (mainly snap traps) and electronic traps. Snap traps are particularly effective when the skull or cervical spine is hit. Electronic traps should be more effective the lower the entry resistance of the current into the animal's body and the higher the current that reaches the animal's brain. However, it is unclear which mechanical forces, or which electrical parameters are optimal to achieve swift unconsciousness/death.

As laid out in the NoCheRo guidance, test systems for measuring technical key parameters of traps should be used to assess whether a trap model is suitable for killing target rodents in an animal welfare-friendly and effective way. Should this not be the case, such unsuitable models should be excluded from further testing within the framework of test procedures (e.g. in animal experiments). Prototypes for appropriate test devices were developed a long time ago but only for certain larger fur-bearing animals that are not suitable for rodents and rarely for pest rodents. Publications of descriptions of rodent trap test methods (incl. the NoCheRo guidance) and test results are rare.

AIMS

The further development and optimisation of a suitable test method for trap systems for rodent control with a newly built test device was the aim of this research project. The following aspects were in focus:

- a) Characterisation of snap traps for rats and house mice based on physical-technical parameters.
- b) Development of a test method to determine the physical properties of the traps relevant for swift killing of the target organisms with the new test device.
- c) Conducting measurements of these properties with the new test device with rodent traps available on the market.

MATERIAL AND METHODS

For an initial overview of snap and electronic traps internet search engines were used. Manufacturers and specialist dealers were identified via lists of exhibitors at European trade fairs and the types of traps offered were contacted. In addition, the offers in German DIY and garden centres as well as in mail order and specialised trade for agricultural needs were considered.

From a pre-selection of 61 mouse and 42 rat traps, 20 mouse and 14 rat trap models were selected that differed widely in their design (reference models). This model selection formed the basis for the characterisation of the traps and for the development of the measuring apparatus.

Seven mouse and seven rat snap trap models that were very similar to the reference models or were identical in construction (duplicate models) were also included.

Two mouse and one electronic rattrap were selected as reference models for the characterisation and measurement of physical parameters and two electronic traps were obtained for each model.

The parameters of impact and electronic traps were examined in detail and the models were characterised with regard to the materials used, size, component shapes, trap construction, trap handling and the design of the clamping and triggering mechanisms. Subsequently, the traps were sorted and grouped according to commonalities and differences in order to define as few clearly distinguishable and plausible basic types as possible.

The spatial dimensions of the individual traps as well as the dimensions of various trap components were determined with an electronic caliper to an accuracy of 0.1 millimeter or a steel ruler to the millimeter. The trap weights were determined to the nearest gram using a laboratory balance.

Snap traps

To develop the measuring apparatus triggering forces of the traps were determined with weighing pieces of a precision scale (1-50g). The impulse of the trap bar movement was determined by numerical integration of a high-resolution measured force curve in the relevant time interval. The static force acting on the trap bar after the impact was read from the impulse data. To specify the potential energy of the tensioned spring, the mechanical work done by the moment applied to tension the spring along the angle of rotating trap bar needed to be determined.

The required sensors were arranged in metal frame to be able to carry out all relevant measurements in one apparatus. For this purpose, a setup with electronic sensors was arranged, whose measurement signals were converted and combined in a digital oscilloscope and transferred to a computer for image display and measurement value storage. The values were extracted using specially programmed software to filter measurement curves and to define relevant measurement ranges and other parameters.

Five traps per reference model and two traps per duplicate model were selected. In order to attach the different trap models to the measuring apparatus, they were fixed centrally on standardised wooden plates with screws. Tunnel traps, where the trap mechanism was hidden inside a casing, were opened beforehand so that the mechanism was exposed and could be measured in the measuring apparatus. Each trap was measured twice, always in the order of spring energy - triggering force - impulse + clamping force. In the first run, the traps were brand new. In the second run, the traps were first triggered twenty times with a "dummy" made of rolled-up paper towels fixed with insulating tape and then measured.

Three measurements were carried out for each variable and passage and the measurement curves were saved in a standardised format. The measurement curves were analysed with the evaluation software and the measured values obtained were saved. For further evaluation, the measured values were exported and processed in Microsoft Excel. Mean values were calculated for each trap from the three measurements. For the comparison of duplicate models (two traps each) with their reference model (5 traps), only the mean values of the first two traps were combined to the mean value of the reference model.

For each variable, two individual statistical models were used to evaluate the effects of trap model, condition (new/20-times triggered) and trigger type (treadle/lift/push-pull) on the

parameters trigger force, impulse, clamping force and spring energy. This was done separately for mouse and rat traps. In the first model, the effect of trap model and condition was tested with an ANOVA with the factors condition, trap model and interaction for the four parameters. The effects of the trigger type were tested separately with an ANOVA.

According to the results of the Tukey post-hoc tests, the trap models were ranked in descending order with respect to impulse, clamping force and spring energy (lowest rank number for highest parameter value). Triggering force was not considered as it both too low (triggering by small non-target organisms) and too high (no triggering by pulling/pushing bait) can be problematic. The rank numbers for these three parameters were summed for each trap model, resulting in a rank sum that was used to compare the relative overall performance of the trap models.

Electronic traps

During the test measurements, it became apparent that the variables were only subject to minor fluctuations over time. Therefore, quasi-static measurements were carried out at the beginning and end of the trap releases using a TRMS (True root mean square) multimeter. To carry out the measurements, it was necessary to open the protected triggering areas of the electronic traps before starting, to deactivate protective devices and, if necessary, to create usable contact points for the power supply, measuring devices and triggering bodies.

The power supply for the electronic traps was provided by a laboratory power supply unit simulating brand-new as well as ageing batteries. The output current was fixed to 2.5 A. To measure high voltage, a passive high-voltage probe was connected between the contact surfaces of the electronic traps and connected to a TRMS multimeter. The trap was triggered by statically bridging the trap contact surfaces with different electrical resistances as a simulation for triggering rodents ("rodent dummy").

For each electronic trap, the shape of the emitted AC voltage and the interference radiation were measured with an oscilloscope. In addition, the cycle frequency of the emitted AC high voltage was determined for each electronic trap with the multimeter. For each combination of input voltage and used electrical resistance trigger, three current and high voltage measurements were taken and then the mean values for the recorded measurements were calculated. It was also noted whether the battery warning indicator (low voltage supply) of the electronic trap kicked in. Between the measurement runs, there were pauses of at least 2 min during which the traps were without current. Between charging and triggering the trap, pauses of approx. 20 s were observed.

During each measurement run, the output voltage and the output current from the laboratory power supply unit to the electronic trap as well as the high voltage emitted by the electronic trap were recorded. The duration of charging the electronic trap and the duration of the triggering intervals were determined to the second using a digital stopwatch.

Decisive for the effect on house mice and rats are the high voltage emitted via the contact surfaces of the electronic traps as well as the effective current intensity acting in the rodents, which in turn depends on the effective electrical body resistance of the animal formed between the trap contact surfaces. The energy acting on the animal, the effective current intensity and the period duration were calculated from the measured values.

For the electronic trap models, the data were pooled and a full factorial ANOVA model was used to assess the effects of input current and resistance on the parameters effective current voltage, current strength, effective current strength and effective energy.

RESULTS

All snap traps for house mice and rats consisted of a base body, an impact mechanism and a triggering device. The base bodies were made of wood, metal or plastic. The impact mechanism usually consisted of elements made of metal wire or as plastic incl. elements for storing energy such as metal springs of various material thicknesses and designs. All snap traps were single-catch models that required manual re-spanning after a trap release and differed in 1) type of impact mechanism, 2) trap design and operation, and 3) type of trap release by target organisms.

Two electronic traps for house mice and one for rats were available for the study, all from one manufacturer. One of the electronic traps for house mice was a multiple-catch model, the other two were single-catch models. The single-catch electronic traps had to be set manually to operating condition after triggering by switching them off and on again.

Snap traps

A free-standing frame made of aluminum profiles was constructed to accommodate the measurement equipment, with measuring stations equipped with sensors for determining spring energy, triggering force, impulse and clamping force. Measurements were loaded and evaluated in the PicoPulse program (TU Dresden, IFKM), automatically calculated and displayed. The structural design and operation of the measurement apparatus including the software is detailed in a manual (Appendix A.2).

Triggering force

The mean triggering force of all trap models was 0.14 ± 0.03 N, although they differed statistically significantly in some cases. Usually, the triggering forces of the traps in the factory-new condition (0.15 ± 0.04 N) resembled those after 20-fold release (0.13 ± 0.02 N). The triggering force of house mouse traps with push-pull triggers was about twice that of traps with treadle triggers and lift triggers.

The 14 trap models for rats had triggering forces between 0.13 N and 1.04 N. The trap models differed statistically significantly in their triggering forces. The mean triggering force of rat traps was 0.37 ± 0.07 N, and the values were similar between the factory-new condition (0.38 ± 0.07 N) and that after 20-fold release (0.36 ± 0.06 N). The triggering force of rattraps with treadle triggers was approximately half that of rattraps with push-pull triggers and with lift triggers. The rattrap model with lift trigger had a mean triggering force of 0.50 ± 0.01 N.

Impulse

The mean impulse of the 20 house mouse trap models was 0.21 ± 0.04 Ns, with statistically significant differences among the trap models. The impulse values of new house mouse traps and after 20-fold triggering did not differ. The impulse of the four trap models with push-pull triggers averaged 0.33 ± 0.15 Ns. It was >50% higher than that of the models with a treadle trigger and nearly three times greater than that of the models with a lift trigger.

The impulse of the 14 rattrap models averaged 0.55 ± 0.04 Ns. The values of the trap models differed statistically. Factory-new traps and 20-triggered traps almost always had similar impulse values. The four rattrap models with push-pull triggers had a mean impulse of 0.71 ± 0.05 Ns, which was about 50% higher than the models with treadle triggers (0.48 ± 0.05 Ns). The impulse of the rattrap model with lift trigger was 0.57 ± 0.05 Ns. Between models with push-

pull triggers and lift triggers, and between models with treadle triggers and lift triggers, the impulse was similar.

Clamping force

Clamping forces of house mouse traps ranged from 1.35 to 8.95 N, with a mean of 4.4 ± 0.45 N. For some models, the clamping force increased between traps in the new condition and 20-times triggered traps, and decreased for others. The clamping force of house mouse traps with push-pull triggers (2.7 ± 0.64 N) was statistically lower than for models with treadle triggers (4.7 ± 0.54 N) and models with lift triggers (5.7 ± 0.57 N). For rattraps, the mean clamping force was 12.61 ± 1.47 N. Values for individual models varied from 5.18-24.97 N. For the model with a lift trigger, the clamping force was about twice as high as for the models with push-pull triggers and the models with treadle triggers. The clamping forces of brand-new and 20-triggered traps were similar.

Spring energy

The spring energy of the trap models for house mice differed between the individual models. On average, it was 0.46 ± 0.08 J. Spring energy between new and 20-triggered traps differed statistically significantly for only two models. Spring energy was about three times higher for treadle triggers (0.53 ± 0.09 J) than for lift triggers (0.17 ± 0.04 J) and about twice as high as for push-pull triggers (0.26 ± 0.13 J). The rattraps had a mean spring energy of 4.12 ± 0.63 J. Spring energy varied statistically significantly among trap models. Factory and 20-triggered traps did not differ with respect to their spring energy. Rattraps with push-pull triggers had more than twice the spring energy of traps with lift triggers and traps with treadle triggers.

For both house mouse and rattraps, the difference in rank sums based on momentum, clamping force, and spring energy was substantial, ranging from 4-46 for mouse traps and from 4-32 for rattraps.

Electronic traps

The three trap models tested required three, four and six seconds to charge the device. The switch-on and triggering times of the two test traps of each model were the same and they did not change even with different input voltages applied (4.5-3.6 V). For the two traps of the multiple-catch model for house mice, one trap stopped triggering at an input voltage of 5 V or lower, and the other one stopped triggering at the input voltage of 4.5 V. All three electronic trap models emitted a sinusoidal AC voltage. The clock frequency of the two single-catch models for house mice and for rats was 3.2-3.3 kHz, and that of the multiple-catch model for house mice was 3.7-3.9 kHz.

Effective voltage increased with increasing input voltage and with increasing dummy resistance. When electrical resistors were statically connected between the release contacts as dummies for trapped rodents, the electronic traps emitted effective high voltages between 155 ± 1 V and 264 ± 8 V at a resistance of $1\text{k}\Omega$ and at input voltages of 4.5-6.3 V. The effective high voltages of the electronic traps increased with increasing input voltage. This corresponded to peak voltages between 216 ± 1 V and 369 ± 8 V.

The current increased with increasing input voltage. With dummy resistors connected in between, the current intensity was 40% higher than during charging and open circuit. The current intensity ranged from 205 ± 39 mA to 295 ± 57 mA during charging, at input voltages of 4.5-6.3 V. When triggered at a resistance of $1\text{k}\Omega$, the current was 231 ± 4 mA to 291 ± 57 mA. The

multiple-catch model for house mice required only about half as much current for charging (134 ± 7 mA) and during triggering/open circuit (150 ± 5 mA) as the two single-catch traps for house mice and rats. When traps were triggered with a dummy resistor of $1 \text{ k}\Omega$, the current ranged from 296 ± 29 mA to 480 ± 53 mA. A dummy resistor of $1.5 \text{ k}\Omega$ resulted in a current intensity of 285 ± 27 mA to 467 ± 27 mA.

The effective current increased with increasing input voltage. The calculated effective current levels in the rodent dummy ranged from 155 ± 9 mA to 264 ± 8 mA for the $1 \text{ k}\Omega$ dummy resistor, and from 121 ± 9 mA to 229 ± 5 mA for $1.5 \text{ k}\Omega$, which was $15 \pm 2\%$ lower than for the $1 \text{ k}\Omega$ dummy resistor. The effective energy increased with increasing input voltage. For the $1 \text{ k}\Omega$ dummy resistor ($0.007 \pm 0.001 \text{ J} - 0.021 \pm 0.002 \text{ J}$), the effective energy was about 10% lower than that of the $1.5 \text{ k}\Omega$ dummy resistor ($0.007 \pm 0.001 \text{ J} - 0.024 \pm 0.002 \text{ J}$).

CONCLUSIONS

This study provides detailed information about the technical characteristics of a large number of widely used snap traps and electronic traps for house mice and commensal rat species. A newly developed device was used to measure several trap characteristics in a standardized and replicable manner. The design of the measuring device and the installed sensors were suitable to account for the considerable differences between rat and mouse snap traps in all required parameters. The standardized measurement setup developed for electronic traps can be used to comparatively assess electronic traps systematically.

The operation of the device developed in this study is labor intensive, requires expert knowledge, some of the components are custom-made and some are costly. However, the device offers the possibility of minimizing the use of animals in trap tests, and some of the measurement procedures could be automated in future versions.

Commercially available snap traps can be characterized according to the type of impact mechanism (drop-bar snap traps, rotating-bar snap traps) or according to the type of trap construction and operation (classic snap traps, modern snap traps) as well as according to the type of trap trigger (treadle trigger, lift trigger, push-pull trigger).

Snap traps for specific target species (mice/rats) with different release mechanisms (treadle, lift, push-pull) largely overlap in triggering force, impulse, clamping force and spring energy. Insufficient impulse, insufficient clamping force and insufficient spring force impair the effectiveness of the traps and give rise to animal welfare concerns. The performance of an electronic trap depends largely on the energy applied to the target organism. The input current and resistance of the target organism determine the effective energy.

The higher triggering force of rat snap traps could limit triggering by other non-target animals of similar body weight. However, it is not clear how the triggering force relates to the effectiveness of snap traps in capturing the target species and avoiding capture of non-target species. A triggering force that is too high may prevent the target species from triggering the trap or trigger the hit in an unsuitable position of the animal. A triggering force too low (of rat traps) may result in capture of small non target species. The more than double impulse of rat traps compared to mousetraps is likely to result in rapid killing of the rat species, which are larger compared to mice. The same is true for the higher clamping force of rat traps compared to mouse traps, which should be suitable to efficiently hold and kill rats.

The ranking of rattraps and mousetraps was based on the values for impulse, clamping force and spring energy. This served to highlight differences between trap models, but cannot be used without further study to evaluate the quality of traps in terms of trapping efficiency or animal welfare, as it is not known what significance these three parameters have in practice.

For both mousetraps and rattraps, a comparison of the effectiveness of different trap types in animal experimentation or in practical use is essential to draw conclusions how the variability of triggering force, impulse, clamping force and spring energy individually or in combination influence trap quality and animal welfare aspects. More detailed analyses of trap designs are helpful to determine the effects of differences in design (distance the trigger mechanism has to travel to release, angle, connection between trigger and strike mechanism) alone or in combination on the release force of different trap and trigger designs.

No conclusions can be drawn from the data collected here regarding effectiveness and animal welfare issues in the practical application of electronic traps. As with snap traps, this would require linking information on effective voltage amperage, effective current and effective energy with results of empirical data from application in realistic scenarios.

The comprehensive data set provided by this study for different types of snap traps and electronic traps for house mice and rats should be linked to existing quantitative information from animal experiments. Such data are available from trap testing under the German Infection Protection Act and possibly from other national trap evaluation programs. Thus, not only efficacy but also animal welfare aspects could be linked to technical data. This would allow the identification of thresholds for efficacy and animal welfare issues that could inform practical recommendations and future testing procedures. The results of this study may contribute to a more thorough assessment of traps to identify traps that are an animal welfare-friendly option for killing commensal rodents while providing effective management of pest rodents.

1 Einleitung

Manche Nagetierarten bereiten Probleme, weil sie Infrastruktur schädigen, Lagergut anfressen oder kontaminieren (Jacob and Buckle, 2018) und/oder sie Hygiene-/Gesundheitsschädlinge sind, da sie Krankheitserreger auf Menschen, Haus- und Nutztiere übertragen können. Zu solchen Krankheitserregern des Menschen gehören in Deutschland z.B. direkt übertragene Pathogene wie Hantaviren (Reil *et al.*, 2018), Leptospiren (Nau *et al.*, 2019) und Francisellen (Jeske *et al.*, 2018) sowie Vektor-übertragene Pathogene wie Frühsommer-Meningoenzephalitis-Virus, Borrelien, Rickettsien, Coxiellen und Anaplasmen (Ulrich *et al.*, 2009).

Dies macht ein wirksames Management dieser Nagetierarten erforderlich, das z.B. mit Fallen erfolgen kann. Optimale Schlagfallen sind technisch so beschaffen, dass sie effektiv fangen und beim Fang kein unnötiges Tierleid hervorrufen. Harmonisierte, systematische Testmethoden sind erforderlich, um Schlagfallen zu prüfen, damit sie tierschutzgerecht sind (Iossa *et al.*, 2007) und nur Produkte und Methoden zugelassen werden, die akzeptierten Standards entsprechen (Smit, 2015; UBA, 2019).

Im Zuge von Managementmaßnahmen gegen Schädner werden jährlich Millionen von Nagetieren mit letal wirkenden Fallen gefangen (Mason and Litten, 2003), was mit erheblicher Tierschutzrelevanz verbunden ist (Meerburg *et al.*, 2008). Jedoch existiert in Europa momentan keine einheitliche Zulassung von Fallen gegen Nagetiere, mit Ausnahme von einigen Arten, die unter das Jagdrecht fallen (Union, 1998).

Zur Stärkung nicht-chemischer Alternativen in der Nagetierbekämpfung wurde die Erstellung eines Leitfadens zur Prüfung der Wirksamkeit und Tierschutzgerechtigkeit von Fallen empfohlen (UBA, 2019) und 2021 veröffentlicht (Schlötelburg *et al.*, 2021). Der Leitfaden beschreibt sowohl Testmethoden als auch Bewertungskriterien für Nagetierfallen hinsichtlich der Wirksamkeit als auch der tierschutzgerechten Tötungswirkung von Schlagfallen. Der Leitfaden enthält auch eine theoretische Beschreibung, wie technische Parameter von Fallen gemessen werden können. Es fehlt aber eine detaillierte Beschreibung zur praktischen Umsetzung. Außerdem sind keine Testmethoden und Kriterien für Elektrofallen enthalten.

In Europa werden hauptsächlich zwei grundlegend verschiedene Fallentypen zum Management von Hausmäusen und Rattenarten verwendet: Fallen mit mechanischer Wirkung (v.a. Schlagfallen) und Fallen mit elektrischer Wirkung. Schlagfallen sind besonders effektiv, wenn der Schädel bzw. die Halswirbelsäule getroffen wird. Stromfallen sollten umso besser wirken, je geringer der Eintrittswiderstand des Stromes in den Tierkörper ist und je höher die Stromstärke ist, die das Gehirn erreicht. Jedoch ist unklar, welche mechanischen Kräfte bzw. welche elektrischen Parameter optimal sind, um eine letale Wirkung schnell zu erzielen. Zu niedrige mechanische Kräfte bei Schlagfallen könnten keine umgehende und irreversible Bewusstlosigkeit hervorrufen und zu hohe Kräfte können mit Verletzungsrisiken für die AnwenderInnen (Urzinger, 2018) oder Einschränkungen bei der Fallenbedienbarkeit verbunden sein. Ein zu hohes Auslösegewicht kann zudem dazu führen, dass das Zieltier die Falle in einer ungeeigneten Körperhaltung auslöst und dann nicht ideal am Kopf/Nacken getroffen wird. Ähnliches dürfte für die elektrischen Parameter bei Stromfallen gelten.

Jede Kraftwirkung auf einen Tierkörper hängt neben der technischen Bauweise der Falle z.B. auch von der Körpergröße und dem Körperbau der zu fangenden Tierart, vom Untergrund, auf

dem die Falle platziert wird und von Materialermüdung durch Benutzung ab (Baker *et al.*, 2017). Impuls und Klemmkraft werden dabei als ausschlaggebend für die Tierschutzgerechtigkeit angesehen (ISO, 1999; Talling and Inglis, 2009), die experimentelle Überprüfung der ausschlaggebenden Todesursache ist jedoch oft schwer zu bewerkstelligen (Baker *et al.*, 2015).

Sowohl Impuls als auch Klemmkraft sowie andere technische Parameter (z.B. Fallenöffnungswinkel, Federtyp) variieren erheblich bei marktüblichen Schlagfallen für Mäuse und Ratten (Talling and Inglis, 2009). Dabei ist v. a. die Überschneidung von Impuls und Klemmkraft bei Mäuse- und Rattenfallen verwunderlich, weil Ratten ein 10-20-fach höheres Körpergewicht als Mäuse haben und die Klemmkraft von Mäusefallen vermutlich nicht zum schnellen Abtöten von Ratten ausreichend sind (Baker *et al.*, 2012). Außerdem fiel auf, dass eine hohe Variabilität in den technischen Parametern eines Fallenmodells auftreten kann, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten (mit vermutlich unterschiedlicher Qualität der verwendeten Materialien) produziert wurden (Talling and Inglis, 2009).

Testsysteme sind erforderlich zur Einschätzung, ob ein Fallenmodell überhaupt zum tierschutzgerechten und effektiven Töten von Zielnagern geeignet sein kann (Schlötelburg *et al.*, 2021). Sollte das nicht der Fall sein, könnten solche ungeeigneten Modelle von weiteren Tests im Rahmen von Prüfverfahren (z.B. im Tierversuch) ausgeschlossen werden. Zwar wurden für einen solchen Ansatz schon vor langer Zeit Prototypen für entsprechende Testgeräte entwickelt, jedoch v.a. für bestimmte größere Pelztierarten, die für Fallen gegen Schadnager ungeeignet sind. Für Nagetiere existiert lediglich eine Versuchsbeschreibung mit Ergebnissen für Ratten- und Mäusefallen (Baker *et al.*, 2012), so dass auch hier erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht.

2 Projektziele

Ziel dieses Forschungs- und Entwicklungsprojektes war die Entwicklung einer geeigneten Testmethode zur Prüfung technischer Parameter von Fallensystemen zur Nagetierbekämpfung. Folgende Aspekte sollten dabei mit einer eigens entwickelten Messapparatur untersucht werden:

- a) Charakterisierung von Schlagfallen für Ratten und Hausmäuse anhand physikalisch-technischer Parameter
- b) Entwicklung einer Testmethode zur Bestimmung der für die Tötung der Zielorganismen relevanten physikalischen Eigenschaften der Fallen
- c) Durchführung von Messreihen an auf dem deutschen Markt erhältlichen Nagetierfallen

3 Material und Methoden

3.1 Klassifizierung von Schlag- und Elektrofällen für Hausmäuse und Ratten

3.1.1 Charakterisierung von Schlagfallen

Um eine erste Übersicht über Schlag- und Elektrofällen zu bekommen, wurde mit den Internet-Suchmaschinen google.com und bing.com sowie auf den Internet-Marktplätzen amazon.com, ebay.com und alibaba.com recherchiert (Suchbegriffe: Mausfalle, Mausefalle, Mäusefalle, Rattenfalle, Schlagfalle, Stromfalle, Elektrofalle, elektrische Falle, mouse trap, rattrap, snap trap, spring trap, electric trap, electrocute trap, electrocution trap). In einem zweiten Schritt wurden Fallenhersteller-Firmen und Fachhändler im Bereich der Schädlingsbekämpfung über Ausstellerlisten europäischer Fachmessen ermittelt und die angebotenen Fallentypen begutachtet. Außerdem wurden die Angebote in deutschen Bau- und Gartenmärkten sowie im Versandhandel und im Fachhandel für den landwirtschaftlichen Bedarf geprüft. Alle Fallen wurden in einer Liste zusammengefasst.

Anhand der Fallen-Abbildungen im Internet, in Verkaufskatalogen des Fachhandels und auf Umverpackungen wurde im Sommer 2021 eine Vorauswahl von 61 Maus- und 42 Ratten-Schlagfallen getroffen, die das Spektrum der angebotenen Bauformen umfassend abbildete. Aus dieser Zusammenstellung wurden 20 Maus- und 14 Ratten-Schlagfallenmodelle ausgewählt, die sich in ihrer Bauform möglichst stark unterschieden und lieferbar waren. Diese Modellauswahl (Referenzmodelle) bildete die Grundlage für die Charakterisierung der Fallen und für die Entwicklung der Messapparatur. Je Referenzmodell wurden im Oktober 2021 fünf bis acht Fallen im deutschen Fachhandel beschafft.

Die Beschaffenheit der Schlagfallen wurde detailliert untersucht und die Modelle im Hinblick auf verwendete Materialien, Baugröße, Bauteilformen, Fallenaufbau, Fallenhandhabung sowie der Gestaltung der Spann-, Auslöse- und Wirkmechanismen charakterisiert. Anschließend wurden die Fallen anhand von Gemeinsamkeiten und Unterschieden sortiert und gruppiert, um möglichst wenige, klar voneinander unterscheidbare und plausible Grundtypen definieren zu können.

3.1.2 Charakterisierung von Elektrofällen

Die Auswahl an angebotenen Elektrofällen für Hausmäuse (5 Stück) und Ratten (7 Stück) war im November 2021 noch insgesamt gering und vor allem ältere Modelle waren nicht mehr lieferbar. Darüber hinaus ähnelten sich die Bauformen aller Modelle sehr. Aus den verfügbaren Angeboten wurden im November 2021 zwei Maus- und eine Ratten-Elektrofalle als Referenzmodelle für die Charakterisierung und die Messung physikalischer Kenngrößen ausgewählt und je Modell zwei Elektrofällen bei einem deutschen Fachhändler beschafft.

Entsprechend der Vorgehensweise bei den Schlagfallen wurden Aufbau, Beschaffenheit, Handhabung sowie die Auslöse- und Wirkmechanismen der drei Elektrofällenmodelle eingehend untersucht.

3.2 Messvorrichtung zur Ermittlung physikalischer Kenngrößen von Schlagfallen

Basierend auf der Charakterisierung und den ermittelten Raummaßen der Schlagfallen für Hausmäuse und Ratten wurden verschiedene praktische Tastversuche durchgeführt und theoretische Überlegungen angestellt, um sich den Dimensionen für grundlegende und

möglichst einfach zu messende Größen wie Kraft, Masse, Zeit, Strecke und Winkel zu nähern. Anhand der Erkenntnisse wurden die Anforderungen für die benötigten Sensoren und Messinstrumente sowie für ein Gestell zur Aufnahme der Messtechnik und Platzierung der Fallen definiert.

3.2.1 Messung der Auslösekraft

Um abzuschätzen, in welchen Größenordnungen die Auslösekräfte der verschiedenen Fallen liegen, wurden Voruntersuchungen mit Wägestücken einer Feinwaage (1-50g) durchgeführt. Dabei wurden so lange Wägestücke auf die Auslöseplatte einer gespannten Falle gelegt, bis es zum Auslösen des Schlagbügels kam. Die Ergebnisse flossen dann in die Auswahl passender Sensorik sowie in Überlegungen zur Konstruktion entsprechender Messtechnik ein.

3.2.2 Messung von Impuls und Klemmkraft

Der Vorgang des Auftreffens des Schlagbügels einer Schlagfalle auf ein Objekt lässt sich mit der physikalischen Größe Impuls beschreiben. Der Impuls wird nicht direkt gemessen, sondern aus einfachen messbaren physikalischen Größen berechnet, z.B. Kraft und Zeit sowie Masse und Geschwindigkeit. Der Impulssatz lautet:

$$\Delta \vec{p} = \int_{t_0}^{t_1} \vec{F}(t) dt = m\vec{v}(t_1) - m\vec{v}(t_0)$$

Δp = Impulsänderung

$F(t)$ = Kraft F in Abhängigkeit von der Zeit t

t_0 = Zeitpunkt des Auftreffens des Schlagbügels

t_1 = Zeitpunkt, an dem das System nach dem Ereignis wieder in Ruhe ist

m = Masse des Schlagbügels

$v(t_0)$ = Geschwindigkeit des Schlagbügels zum Zeitpunkt t_0

$v(t_1)$ = Geschwindigkeit des Schlagbügels um Zeitpunkt t_1

Zur Bestimmung der Impulsänderung sollte in der Messvorrichtung der Kraftverlauf beim Zuschlagen der Falle über die Zeit gemessen werden. Die benötigten Parameter waren also die Kraft als Zeitverlauf $F(t)$ und die beiden Zeitpunkte t_0 und t_1 . Die technische Schwierigkeit bei der Umsetzung bestand darin, dass das Auftreffen des Schlagbügels ein extrem schneller Vorgang ist. Physikalisch gilt für den Aufprall zweier ideal steifer Körper:

$t_1 - t_0 \rightarrow 0$ (die Zeitdifferenz zwischen Start (= t_0) und Ende (= t_1) des Vorgangs geht gegen Null)

$\max(\vec{F}(t)) \rightarrow \infty$ (die maximale Kraftamplitude $F(t)$ geht gegen unendlich)

Auch wenn reale Körper nie physikalisch ideal steif sind, zeigte sich hier das Problem der zeitlichen Auflösung und der extremen Kraftamplitude bei diesem Vorgang. Um das Zuschlagen der Falle messtechnisch erfassen zu können, war es deshalb notwendig, Möglichkeiten zur Dämpfung des Aufschlags zu finden und zu testen, um dadurch den Vorgang zeitlich zu strecken und das Kraftmaximum zu reduzieren. Zwar leitet der Dämpfer durch die auftretende Reibung einen Teil der Energie als Wärme ab, jedoch ist dieser Anteil im Verhältnis zur Gesamtenergie sehr gering. Der Impuls, der aus der Fläche unter der Kraftverlaufskurve berechnet wird, ist in beiden Fällen annähernd gleich groß.

Für die Impulsmessungen wurde die Vorrichtung so eingestellt, dass die Schlagelemente von Hausmausfallen etwa in 2 cm Höhe und von Rattenschlagfallen etwa in 4 cm Höhe über den Fallenauslösern auftrafen.

Die Messung der Klemmkraft erfolgt direkt und statisch. Das heißt, dass kein Ereignis oder Vorgang über die Zeit gemessen wird, sondern ein Zustand, der sich über die Messdauer nicht ändert.

3.2.3 Messung der Federenergie

Für die Ermittlung der potenziellen Energie der gespannten Feder einer Schlagfalle wurde der Verlauf des zum Aufspannen nötigen Moments über dem Auslenkungswinkel verwendet:

$$E_{pot} = \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} M(\varphi) d\varphi$$

E_{pot} = potentielle Energie

$M(\varphi)$ = Moment in Abhängigkeit vom Winkel

φ = Auslenkwinkel des Schlagbügels

φ_0 = Winkel bei Ruheposition des Bügels

φ_1 = Winkel bei maximaler Auslenkung des Bügels

Die gesuchten Parameter sind das Moment M als Verlaufsgröße in Abhängigkeit vom Auslenkungswinkel φ ($M(\varphi)$) und die beiden Winkel φ_0 und φ_1 als Start- bzw. Endpunkt der Auswertung. Um diese physikalischen Größen in der Messvorrichtung zu ermitteln, wurden zwei unterschiedliche und voneinander unabhängige Sensoren benötigt, ein Winkelsensor und ein Momentensensor. Die Auslenkung der Schlagbügel bei den verschiedenen Fallen betrug bauartbedingt maximal 180°, bei vielen Fallen auch nur 90° oder noch weniger. Damit war der Messbereich für den benötigten Winkelsensor klar abgegrenzt. Um den Messbereich für den Momentensensor zu definieren, wurden Vorversuche mit einem Kraftsensor und verschiedenen Maus- und Rattenfallen durchgeführt. Die Testfalle wurde dazu auf einem Montageprofil befestigt und der Schlagbügel über ein Stahlseil mit einem Kraftsensor (200 N) verbunden. Der Kraftsensor wurde im rechten Winkel über dem Schlagbügel gehalten. Anschließend wurde der Schlagbügel in die Positionen 10°, 45°, 90°, 135° und 180° ausgelenkt und die auftretenden Kräfte statisch gemessen.

3.2.4 Messgestell

Nach Ermittlung der benötigten Sensoren für die Messung physikalischer Parameter wurden Überlegungen angestellt, wie diese in einem gemeinsamen Messgestell angeordnet werden, um alle relevanten Messungen möglichst in einer Apparatur und mit geringem Konfigurationsaufwand durchführen zu können. Das Gestell sollte robust, verwindungssteif und raumsparend ausgelegt sein, dabei aber Möglichkeiten bieten, Sensorik und unterschiedlich gebaute Fallen flexibel zu platzieren, um valide Messungen zu erhalten. Außerdem mussten elektronische Komponenten wie Messleitungen und Messverstärker sicher in der Apparatur verbaut werden können.

3.2.5 Aufbereitung und Auswertung der Messsignale

Die Messung der Klemmkraft ist ein statischer, zeitunabhängiger Vorgang, der z.B. einfach mit federbelasteten analog-mechanischen Geräten durchgeführt werden kann. Im Gegensatz dazu sind die Messungen zur Bestimmung von Auslösekraft, Impuls und Federenergie dynamische Prozesse, bei denen sich die physikalischen Größen über die Zeit ändern. Um verwertbare

Ergebnisse zu erhalten, werden für diese Messungen elektronische Sensoren, Messwertspeicher und bildgebende Instrumente benötigt, welche die Prozesse in Messwertkurven abbilden, filtern und speichern und Datensätze für die Berechnung der gesuchten Messwerte ausgeben.

Um alle Messungen in einer Apparatur und in einheitlichen Prozessen ablaufen lassen zu können, wurde ein Aufbau mit elektronischen Sensoren präferiert, deren Messsignale über Wandler in einem digitalen Oszilloskop zusammengeführt und von dort an einen Computer zur bildhaften Darstellung und Messwertspeicherung ausgegeben werden. Die Ermittlung der Messwerte erfolgt anschließend mit einer eigens programmierten Software (Anhang A.2), in der die Messkurven weiter gefiltert sowie relevante Messbereiche und weitere Parameter definiert werden können.

3.3 Kenngrößen von Schlag- und Elektrofällen für Hausmäuse und Ratten

3.3.1 Raummaße und Gewichte von Schlag- und Elektrofällen

Die Raummaße der einzelnen Fallen sowie die Maße verschiedener Fallen-Bauteile wurden mit einer elektronischen Schieblehre (TopCraft DMV-SL05, Dario GmbH) auf 0,1 Millimeter genau bzw. mit einem Stahlmaßstab millimetergenau ermittelt. Die Fallengewichte wurden mit einer Laborwaage (Kern 440-53, Kern & Sohn GmbH) grammgenau bestimmt.

3.3.2 Messung der Kräfte von Schlagfallen

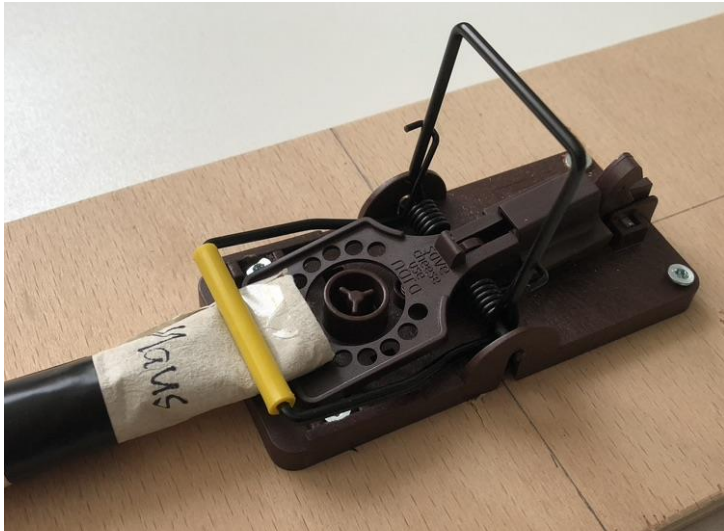
Je Referenzmodell wurden fünf Fallen und je Duplikatmodell zwei Fallen ausgewählt und mit einer fünfstelligen Identifikationsnummer gekennzeichnet. Die erste Ziffer codierte die Fallen als Schlagfalle, die folgenden drei Ziffern das Fallenmodell und die letzte Ziffer die Fallnummer (1-5). Um die verschiedenen Fallenmodelle an den drei Messplätzen der Messapparatur einzuspannen, wurden sie mit Schrauben mittig auf standardisierten Holzplatten befestigt (Abb. 1).

Tunnelfallen, bei denen der Fallenmechanismus im Inneren eines Gehäuses verborgen lag, wurden zuvor mit einem Multifunktionswerkzeug (TopCraft TMW-40F) so weit geöffnet, dass die Mechanik frei lag und in der Messapparatur gemessen werden konnte (Abb. 2). Je Falle erfolgten zwei Messdurchgänge, immer in der Reihenfolge Federenergie – Auslösekraft - Impuls+Klemmkraft. Im ersten Durchgang waren die Fallen fabrikneu. Im zweiten Durchgang wurden die Fallen zuerst mit einem „Dummy“ aus zusammengerollten und mit Isolierband fixierten Papierhandtüchern zwanzig Mal ausgelöst und anschließend gemessen (Durchmesser Mausdummy = 15 mm, Rattendummy = 30 mm, Abb. 1). Die Messungen erfolgten bei Raumtemperaturen zwischen 18-20°C.

Je Messgröße und Durchgang wurden drei Messungen durchgeführt und die Messkurven standardisiert abgespeichert (Kürzel für Messung-ID-Modellname-Nummer der Messung). Anschließend wurden die Messkurven mit der Auswertesoftware „PicoPulse“ (Vers. 1.011.44, TU Dresden, IFKM) analysiert und die erhaltenen Messwerte gespeichert. Für die weitere Auswertung wurden die Messwerte exportiert und in Excel (Microsoft, Vers. 16.0.5369.1000) bearbeitet. Für jede Falle erfolgten je drei Messungen. Für den Vergleich von Duplikatmodellen (je zwei Fallen) mit ihrem Referenzmodell (5 Fallen) wurden nur die Mittelwerte der ersten beiden Fallen zum Mittelwert des Referenzmodells zusammengefasst.

Die genauen Abläufe für die einzelnen Kraftmessungen sowie für die Auswertung der Messkurven wurden in einer Kurzanleitung und in einer ausführlichen Bedienungsanleitung für die Messapparatur und die Auswertesoftware „PicoPulse“ beschrieben (Anhänge A.2 und A.3).

Abb. 1: Schlagfalle mit „Maus-Dummy“



Die Schlagfallen wurden auf standardisierte Holzplatten geschraubt, um sie an den Messplätzen der Messapparatur einspannen zu können. Um einen Benutzungszustand der fabrikneuen Fallen zu simulieren, wurden sie nach dem ersten Messdurchgang 20-mal mit einem Nagetier-„Dummy“ aus gefalteten Papierhandtüchern ausgelöst.
Quelle: eigene Darstellung, JKI.

Abb. 2: Präparierte Tunnelfallen



Die in den Tunnelfallen-Modellen verborgene Auslöse- und Schlagmechanik wurde freigelegt, um sie in der Messapparatur messen zu können.

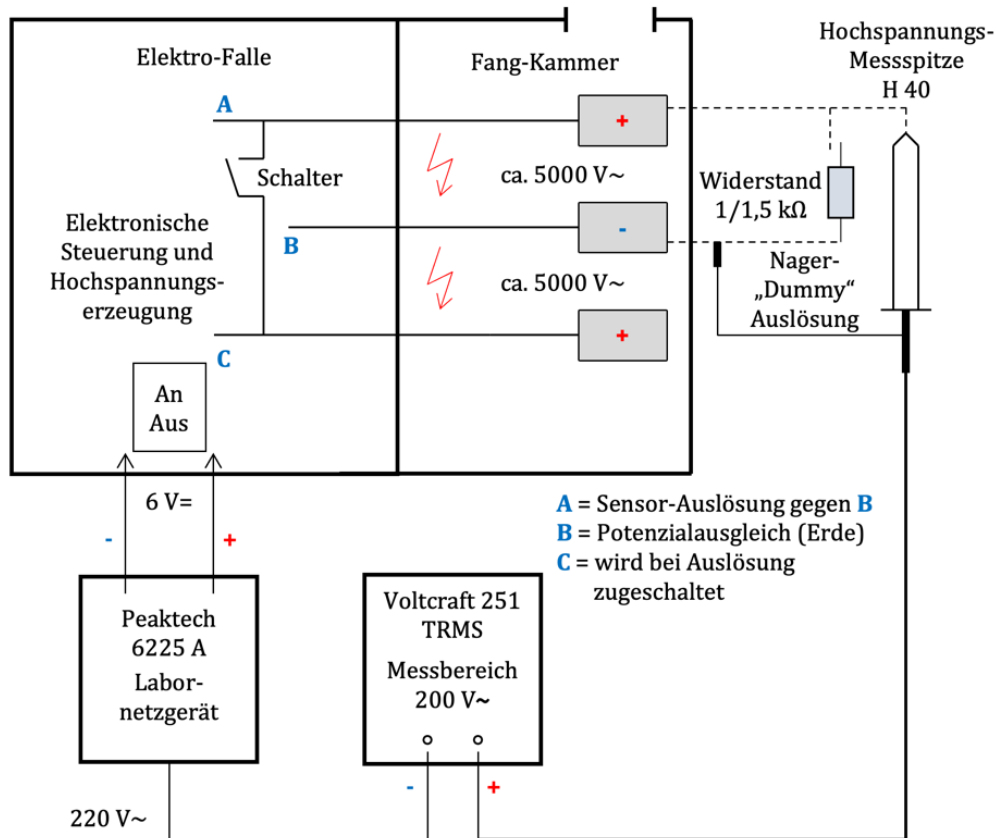
Quelle: eigene Darstellung, JKI.

3.3.3 Messung der Elektrofallen

Zuerst wurde der Aufbau der Elektrofallen eingehend untersucht, Literaturrecherchen betrieben und weitere Überlegungen angestellt, welche elektrischen Messgrößen für die Bewertung der Fallen maßgeblich sind und wie diese gemessen bzw. berechnet werden können. Anschließend wurden verschiedene Messaufbauten und Messprotokolle entwickelt und evaluiert, immer unter der Maßgabe, dass die Messungen möglichst einfach durchzuführen sind und verschiedene Fallenmodelle damit gemessen werden können. Während der Versuchsmessungen zeigte sich, dass die Messgrößen im zeitlichen Verlauf nur geringen Schwankungen unterliegen. Deshalb wurde auf die hochauflösende, aufwendige Messkurvenaufzeichnung mittels Oszilloskop verzichtet und stattdessen quasistatische Messungen zu Beginn und zum Ende der Fallenauslösungen mit einem TRMS-Multimeter durchgeführt. Für die Durchführung der Messungen war es notwendig, vor Beginn die geschützten Auslösebereiche der Elektrofallen zu öffnen, Schutzvorrichtungen zu deaktivieren und ggf. nutzbare Kontaktpunkte für Stromversorgung, Messgeräte und Auslösekörper zu schaffen. Anschließend wurde die Versuchsanordnung auf einer isolierten Arbeitsplatte aufgebaut (Abb.3, Abb. 4).

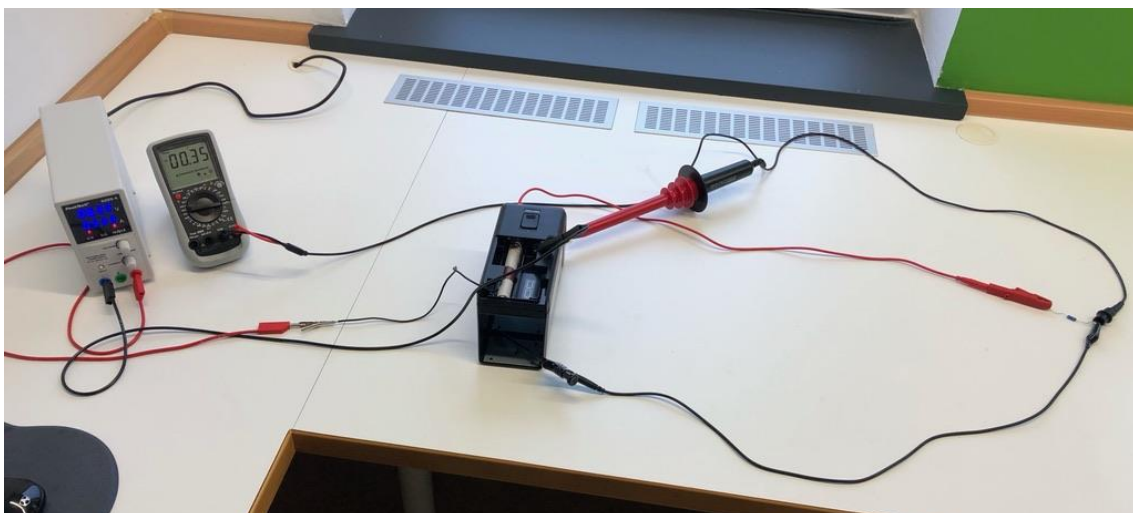
Die Stromversorgung der Elektrofallen erfolgte über ein Labornetzgerät mit stabilisierter Gleichspannung (PeakTech 6225 A, 0-30V, 0-5A, Abb. 4). Mit dem Labornetzgerät konnten verschiedene Eingangsspannungen eingestellt und so fabrikneue sowie alternde Batterien simuliert werden. Außerdem zeigte das Labornetzgerät die abgegebene Stromstärke an, welche

Abb. 3: Blockschaltbild zur Messung der Elektrofalle



Schematischer Versuchsaufbau zur Messung der von Elektrofallen abgegebenen Hochspannung sowie der von der Falle dafür benötigten Spannung und Stromstärke.
 Quelle: eigene Darstellung, JKI

Abb. 4: Versuchsanordnung zur Messung der Elektrofallen



Über ein Labornetzgerät (links) wurde die Versorgungsspannung an die Elektrofalle abgegeben. Zwischen den Auslösekontakten der Elektrofalle (Mitte) war eine Hochspannungsmessspitze geschaltet, die mit einem TRMS-Multimeter zur Messung der Hochspannung gekoppelt war. In diesen Messkreis war ein elektrischer Widerstand zur Fallenauslösung und zur Simulation eines gefangenen Nagetiers zwischengeschaltet (rechts).
 Quelle: eigene Darstellung JKI.

die Fallenelektronik benötigte, um die Hochspannung vor Fallenauslösung aufzubauen bzw. während der Fallenauslösung aufrecht zu erhalten. Die maximale Ausgangsstromstärke wurde auf 2A begrenzt. Werkseitig waren für den Betrieb der Elektrofalle je vier Batterien 1,5V vom Typ AA (ein Modell) bzw. C (zwei Modelle) vorgesehen.

Für die Messung der Hochspannung wurde eine passive Hochspannungs-Messspitze (VoltCraft H40, 28-40kV, 60Hz, 1000M Ω , Teilverhältnis 1000:1, Abb. 4) zwischen die Kontaktflächen der Elektrofalle geschaltet und mit einem TRMS-Multimeter (VoltCraft VC 251, 600V, 45-400Hz, 10M Ω , Messbereich 20V~, Abb. 4) verbunden. Die Fallenauslösung erfolgte durch eine statische Überbrückung der Fallen-Kontaktflächen mit verschiedenen elektrischen Widerständen (Weltron MFR1145 Metallschicht-Widerstände, 1-1,5k Ω , Abb. 4) als Simulation für auslösende Nagetiere (Nager-„Dummy“). Die Verbindungen zwischen den Geräten der Versuchsanordnung wurden mit Labor-Messleitungen, Klemmprüfspitzen und Krokodilklemmen hergestellt (SKS Hirschmann PMS 4, 1mm², 60V, 16A, Abb. 4).

Für jede Elektrofalle wurde die Form der abgegebenen Wechselhochspannung sowie die Störstrahlung mit einem Oszilloskop (Hung Chang OS-4620, 20 MHz) ermittelt. Die Störstrahlung wurde mit einer geschirmten Labormessleitung und der Hochspannungs-Messspitze (VoltCraft H40) im Verhältnis 1:1 in einem Abstand von 10 cm von der Hochspannungsquelle im freien Raum gemessen (lose Kopplung). Außerdem wurde für jede Elektrofalle die Taktfrequenz der abgegebenen Wechselhochspannung mit dem Multimeter (VoltCraft VC 251, Messbereich 20V~) ermittelt.

Jede Elektrofalle wurde mit den Eingangsspannungen 6,3V (entspricht in etwa fabrikneuen Batterien), 6V, 5,5V, 5V und 4,5V (entspricht in etwa stark gebrauchten Batterien) gemessen. Je anliegender Eingangsspannung erfolgte die Fallenauslösung entweder durch kurze Kontaktierung (<1s) der Fallenkontaktflächen über einen Widerstand (1k Ω) oder über die dauerhafte Kontaktierung mit jeweils einem Widerstand mit 1 k Ω bzw. 1,5 k Ω . Für jede Kombination Eingangsspannung und Auslöseform wurden drei Stromstärke- und Hochspannungs-Messungen durchgeführt (insgesamt 45 Messdurchgänge je Falle) und anschließend die Mittelwerte für die aufgenommenen Messgrößen berechnet. Außerdem wurde notiert, ob die Batteriewarnanzeige (geringe Spannungsversorgung) der Elektrofalle ansprang. Zwischen den Messdurchgängen lagen Pausen von mindestens 2 min, in denen die Falle stromlos waren. Zwischen Aufladen und Auslösen der Falle wurden Pausen von ca. 20 s eingehalten.

Während jedes Messdurchganges wurde die Ausgangsspannung (U_A) und die Ausgangsstromstärke (I_A) vom Labornetzgerät an die Elektrofalle sowie die von der Elektrofalle abgegebene Hochspannung (U_H) protokolliert. Die Werte wurden jeweils während der Aufladung sowie in den ersten und letzten fünf Sekunden eines Auslöseintervalls, ggf. noch zusätzlich nach der Hälfte eines Auslöseintervalls vom Multimeter abgelesen. Die drei verschiedenen Elektrofalle Typen wiesen unterschiedlich lange Intervalle des Aufladens sowie der Hochspannungsabgabe nach Fallenauslösung auf, weshalb für jeden Fallentyp eine unterschiedliche Anzahl an Messzeitpunkten festgelegt wurde. Die Dauer der Aufladung der Elektrofalle und die Dauer der Auslöseintervalle wurde sekundengenau mit einer digitalen Stoppuhr (TFA Dostmann, Art.-Nr. 38.2029) ermittelt.

Die Messungen wurden bei Raumtemperaturen von 18-20°C und relativen Luftfeuchten von 40-55% durchgeführt. Der Messaufbau (Abb. 3) und detaillierte Messabläufe für die Elektrofalle messung wurden in einer Kurzanleitung (Anhang A.4) beschrieben.

Entscheidend für die Wirkung auf Hausmäuse und Ratten sind die über die Kontaktflächen der Elektrofalle abgegebene Hochspannung (U_H) sowie die dabei in den Nagetieren wirkende effektive Stromstärke (I_e), die wiederum vom effektiven elektrischen Körperwiderstand des

Tieres (R_e) abhängt, den es zwischen den Fallenkontaktflächen bildet. Während die Hochspannung am Messgerät direkt abgelesen werden kann, muss die effektive Stromstärke berechnet werden. Der Körperwiderstand (R_e) eines Nagetiers ist eine hochdynamische Größe, die von mehreren Umgebungsbedingungen abhängig ist, beispielsweise der Beschaffenheit, Feuchtigkeit und Oberflächengröße der Körperteile, mit der das Tier die Kontaktflächen der Elektrofalle berührt (Übergangswiderstand), aber z.B. auch durch physiologische Eigenschaften des Körpergewebes, durch das der Strom fließt (Innenwiderstand). Bei Einwirkung einer Hochspannung ist der Übergangswiderstand zwischen Körpergewebe und Kontaktflächen vernachlässigbar (Grimnes, 1983). Der Innenwiderstand von Nagetieren wurde im Messaufbau standardisiert durch technische Widerstände mit statischen Werten von $1k\Omega$ und $1,5k\Omega$ simuliert (IEC, 2005) (Abb. 3, Abb. 4).

Aus abgegebener Hochspannung, effektiver Stromstärke und der Periodendauer der Wechselspannung (T) kann schließlich die auf das Tier einwirkende Energie in Joule (J) berechnet werden:

$$\text{Energie } (J) = \text{Hochspannung } (U_H) \times \text{Stromstärke } (I_e) \times \text{Periodendauer } (T)$$

Die effektive Stromstärke (I_e), die in einem fallenauslösenden Tier wirkt, ergibt sich aus dem Quotienten von effektiver Hochspannung (U_H) und dem effektiven Körperwiderstand des Tieres (R_e):

$$\text{Stromstärke } (I_e) = \frac{\text{Hochspannung } (U_H)}{\text{Körperwiderstand } (R_e)}$$

Die Periodendauer (T) wird ermittelt aus dem Kehrwert der Taktfrequenz der abgegebenen Wechselhochspannung (f_H):

$$\text{Periodendauer } (T) = \frac{1}{\text{Taktfrequenz } (f_H)}$$

3.4 Statistische Auswertung

Es wurden fünf Fallen pro Schlagfallenmodell und zwei elektronische Fallen pro Modell bewertet. Im ersten Durchgang wurden unbenutzte Fallen verwendet. Vor dem zweiten Durchgang wurde jede Falle zwanzigmal mit einem "Dummy" ausgelöst, der aus aufgerollten Papiertüchern bestand und mit Isolierband befestigt war. Die Attrappe hatte einen Durchmesser von 15 mm (Hausmaus) bzw. 30 mm (Ratte). Für jeden Parameter wurden drei Messungen vorgenommen und die Mittelwerte für neue Fallen und zwanzig Mal ausgelöste Fallen für jedes Fallenmodell berechnet.

Für jede Variable kamen zwei statistische Modelle zur Anwendung, um die Auswirkungen des Fallenmodells, des Zustands (neu/20-mal ausgelöst) und des Auslösetyps (Tritt-/Hub-/Zugauslösung) auf die Parameter Auslösekraft, Impuls, Klemmkraft und Federenergie zu bewerten. Dies wurde für Mäuse- und Rattenfallen getrennt durchgeführt. Im ersten Modell wurde die Wirkung des Fallenmodells und -zustandes mit einer ANOVA mit den Faktoren Zustand, Fallenmodell und Interaktion auf die vier Parameter getestet. Signifikante Interaktionseffekte wurden für neue und gebrauchte Modelle desselben Fallenmodells angegeben. Die Auswirkungen des Auslösetyps wurden separat mit einer ANOVA getestet. Ein Tukey-Post-hoc-Test wurde durchgeführt, wenn die ANOVA statistisch signifikante Unterschiede anzeigte.

Entsprechend der Ergebnisse der Tukey-Post-hoc-Tests wurden die Fallenmodelle in Bezug auf Impuls, Klemmkraft und Federenergie in absteigender Reihenfolge angeordnet (niedrigste Rangnummer für höchsten Parameterwert). Die Auslösekraft wurde nicht berücksichtigt, da sowohl ein zu niedriger (Auslösung bei leichten Nichtzielorganismen) als auch ein zu hoher Wert (Auslösung nur durch Druck/Zug am Köder nicht möglich) problematisch sein kann. Die Rangzahlen für diese drei Parameter wurden für jedes Fallenmodell addiert, was zu einer Rangsumme führte, die zum Vergleich der relativen Gesamtleistung der Fallenmodelle verwendet wurde. Für zwei Mausefallen (Hidden Kill Mouse Trap, Victor Kill Vault Mouse Trap) konnte die Federenergie nicht gemessen werden, da sie über einen Fallbügelmechanismus verfügen. Diese beiden Fallen wurden in der Rangliste nicht berücksichtigt.

Für die elektronischen Fallenmodelle wurden die Daten gepoolt und ein vollfaktorielles ANOVA-Modell verwendet, um die Auswirkungen von Eingangsstrom und Widerstand auf die Parameter effektive Stromspannung, Stromstärke, effektiver Stromstärke und effektive Energie zu bewerten. Ein Tukey-Post-hoc-Test wurde durchgeführt, wenn die ANOVA statistisch signifikante Unterschiede anzeigte.

Die Analysen wurden mit JMP Version 17.0.0 (JMP Statistical Discovery LLC) durchgeführt. Es wurden Mittelwerte und der Standardfehler angegeben.

4 Ergebnisse

4.1 Klassifizierung von Schlag- und Elektrofällen für Hausmäuse und Ratten

4.1.1 Charakterisierung von Schlagfallen

Alle untersuchten Schlagfallen für Hausmäuse und Ratten bestanden aus einem Grundkörper, einer Schlagmechanik und einer Auslösevorrichtung. Die Grundkörper bestanden aus Holz, Metall oder Kunststoff. Die Schlagmechanik bestand in der Regel aus den Schlagelementen, die entweder als Schlagbügel aus einem Metalldraht oder als Kunststoff-Formteile gefertigt waren sowie aus Speicherelementen für die Schlagenergie in Form von Metallfedern verschiedener Materialstärke und Bauart. Das „Aufladen“ der Speicherelemente erfolgte beim Spannen der Fallen per Hand durch Dehnung oder Torsion der Metallfedern. Die auf Spannung gebrachte Schlagmechanik war über verschieden ausgeformte Haltestifte bzw. Hakenbügel mit den Auslösevorrichtungen der Fallen gekoppelt und wurde durch gegenseitige Klemmung gehalten. Bei Betätigung der Auslösevorrichtungen wurde die gespeicherte Energie schlagartig freigesetzt und entweder durch geradlinige senkrechte oder waagerechte Bewegungen bzw. durch Drehbewegungen der Schlagelemente auf die Zielorganismen übertragen.

Bei den meisten Fallen (15/20 Hausmausfallen, 14/14 Rattenfallen) waren Schlagmechanik und Auslösevorrichtung auf einer flachen, offenen Grundplatte montiert (Abb. 1) und so konstruiert, dass sie in standardisierte Schutzstationen eingebracht werden können. Bei fünf der Hausmausfallen handelte es sich um sogenannte Tunnelfallen, bei denen die Auslösevorrichtung und die Schlagmechanik geschützt in einem Gehäuse verbaut wurden. Diese Fallen wurden so konstruiert, dass Zielorganismen durch eine längere Zwangspassage (Tunnel) gerichtet zum Auslösemechanismus gelangen und dort in einer bestimmten Position von der Schlagmechanik getroffen werden können.

Alle untersuchten Schlagfallen waren einmal-fängige Modelle, die nach einer Fallenauslösung per Hand neu gespannt werden mussten. Die Fallenmodelle wiesen große Unterschiede in der Ausgestaltung, insbesondere im Fallendesign und in der Fallenmechanik auf. In mehreren Vergleichsreihen konnten drei grundlegende Parameter definiert werden, auf deren Basis eine Charakterisierung aktueller Schlagfallenmodelle möglich ist. Es handelt sich dabei um Gemeinsamkeiten in der 1) Art des Schlagmechanismus, 2) der Fallenkonstruktion und Bedienung sowie 3) der Art der Fallenauslösung durch Zielorganismen (Abb. 1).

1. Art des Schlagmechanismus

Fallbügel-Schlagfallen: Das Schlagelement führt nach Fallenauslösung eine geradlinige, senkrechte oder waagerechte Bewegung aus.

Drehbügel-Schlagfallen: Das Schlagelement führt nach Fallenauslösung eine Drehbewegung um eine feste Achse aus.

2. Fallenkonstruktion und Bedienung

Klassische Schlagfallen: Das Schlagelement wird ca. 180° um eine Mittelachse gespannt und in dieser Position von einem Haltestift gesperrt, der seinerseits durch eine Aufnahme an der Auslösevorrichtung gehalten wird.

Moderne Schlagfallen: Das Schlagelement ist als eine Art Kippwippe ausgeformt, die bis ca. 90° um eine Mittelachse gespannt und von einem Hakenbügel gehalten wird. Der Hakenbügel ist ebenfalls als Wippe ausgeformt, die auf ihrer Gegenseite durch den Auslösemechanismus gehalten wird.

3. Fallenauslösung

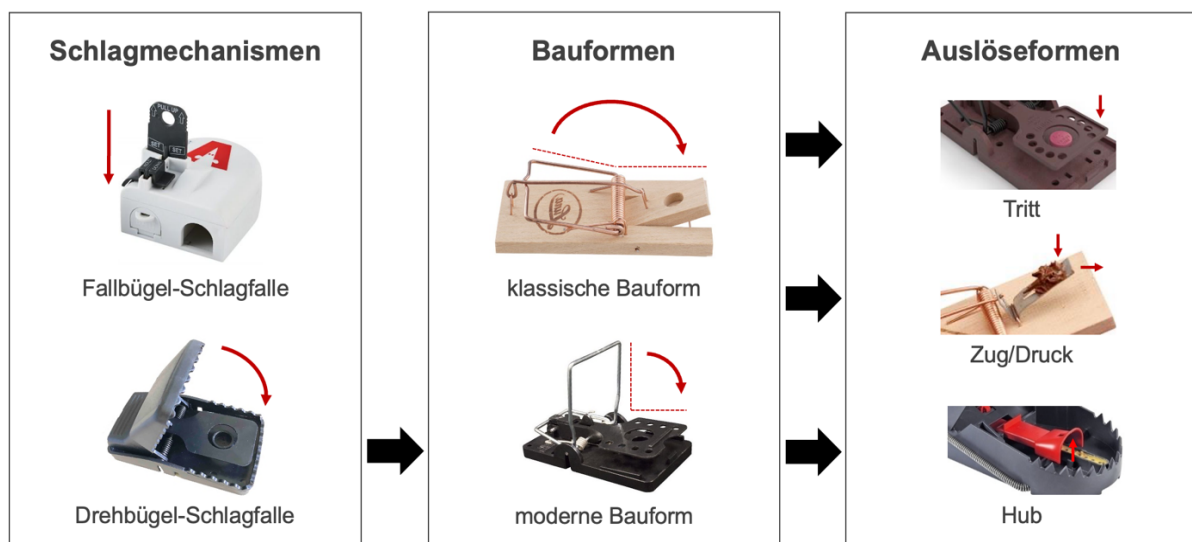
Trittauslösung: Die Falle wird vom Zielorganismus durch Auftreten auf eine Art Trittplatte ausgelöst. Die Trittplatte ist in ihren Abmaßen in der Regel nur geringfügig kleiner als das Schlagelement.

Hubauslösung: Die Falle wird vom Zielorganismus durch Anheben einer Vorrichtung, z.B. bei Betreten des Fangbereiches betätigt oder um an einen unter bzw. hinter der Hebevorrichtung befindlichen Fraßköder bzw. Lockstoff zu gelangen.

Zug/Druckauslösung: Die Falle wird durch Zug, z.B. an einem Köder oder durch Druck auf eine kleine Köderplatte oder durch Druck gegen eine im Laufweg befindliche, bewegliche Konstruktion, hinter der ein Köder positioniert sein kann, ausgelöst.

Die Auswahl an Referenzfallen umfasste zwei Fallbügel-Schlagfallen und 18 Drehbügel-Fallen für Hausmäuse sowie 14 Drehbügel-Schlagfallen für Ratten. Für letztere wurden keine Fallbügel-Schlagfallen gefunden. Beide Fallbügel-Schlagfallen für Hausmäuse waren aus Kunststoff gefertigt und mit Druckauslösern versehen.

Abb. 5: Schlagmechanismen, Bau- und Auslöseformen von Schlagfallen für Hausmäuse und Ratten



Schlagfallen können anhand ihrer Schlagmechanismen, der Bauform und der Art der Fallenauslösung hierarchisch klassifiziert werden. Die roten Pfeile demonstrieren die Bewegungsrichtung und Bewegungsform der Fallenschlagbügel und Auslöser. Die Strichlinien verdeutlichen die Lage der Schlagbügel im gespannten Zustand.

Quelle: eigene Darstellung, JKI.

Unter den Drehbügel-Fallen für Hausmäuse waren vier Referenzfallen klassischer Bauart (3x Trittauslösung, 1x Zug/Druckauslösung; alle mit Drahtbügel-Schlagelement) sowie 14 Referenzfallen moderner Bauart (11x Trittauslösung mit 5x Drahtbügel-Schlagelement und 6x Kunststoff-Schlagelement; 2x Hubauslösung mit Kunststoff-Schlagelement; 1x Zug/Druckauslösung mit Kunststoff-Schlagelement). Drei der modernen Schlagfallen waren aus Kunststoff

gefertigte Tunnelfallen (alle mit Trittauslösung, 2x Drahtbügel-Schlagelement, 1x Kunststoff-Schlagelement).

Die Drehbügel-Schlagfallen für Ratten umfassten sieben Referenzfallen klassischer Bauart (4x Trittauslösung, 3x Zug/Druckauslösung, alle mit Drahtbügel-Schlagelement) und sieben Referenzfallen moderner Bauart (5x Trittauslösung mit 2x Drahtbügel-Schlagelement und 3x Kunststoff-Schlagelement, 1x Hubauslösung mit Kunststoff-Schlagelement, 1x Zug/Druckauslösung mit Drahtbügel-Schlagelement)

Bei der Fallenrecherche wurden neben den beschriebenen Schlagfallen für Hausmäuse und Ratten weitere mechanische Tötungs-Fallen ermittelt, die im Rahmen des Vorhabens nicht näher untersucht wurden:

Scheren-Schlagfallen: bestehen aus zwei Schlagbügelarmen, die beim Spannen scherenartig geöffnet, um eine Mittelachse gegeneinander verdreht und in dieser Stellung arretiert werden. Die Schlagenergie wird in verschiedenartig ausgeformten Metallfedern gespeichert. Die Fallenauslösung erfolgt über eine Trittplatte, Zug an einem beköderten Haken oder durch Druck gegen eine im Laufweg befindliche, bewegliche Konstruktion.

Bolzenschuss-Fallen: beziehen ihre Energie aus einer mit Kohlendioxid gefüllten Kartusche bzw. über hydraulisch kontrollierte Federmechanismen. Diese Fallen erzeugen hohe Schlagenergien und hohe Schlaggeschwindigkeiten, die in der Regel über senkrecht oder waagrecht stoßende Bolzenkonstruktionen auf den Zielorganismus übertragen werden. Die Fangmechanismen sind in Gehäusen untergebracht, in denen die Zielorganismen direkt zum Auslösemechanismus geleitet werden und dort in einer bestimmten Körperhaltung zum Schlagbolzen positioniert sind. Die Auslösung erfolgt mechanisch über Druck gegen eine bewegliche Konstruktion oder berührungslos über elektronische Sensoren, welche die Bewegung und Körperwärme von Zielorganismen registrieren.

Strangulationsfallen: weisen federgespannte Drahtschlingenkonstruktionen oder Kunststoffringe auf, die bei Fallenauslösung die Halspartie der Zielorganismen zusammendrücken bzw. quetschen und auf diese Weise die Atmung sowie die Blutzufuhr ins Gehirn unterbinden. Die Fallen werden in der Regel durch einen beköderten Zugauslöser oder einen im Laufweg befindlichen, beweglichen Druckauslöser aktiviert.

Ertränkungsfallen: bestehen aus einem flüssigkeitsgefüllten Behälter (in der Regel Wasser mit einer aufliegenden Ölschicht oder einem Wasser-Glykol-Gemisch) über dem eine offene Konstruktion oder ein Gehäuse mit einer Fallwippe oder einer längs verlaufenden, glatten Walzenkonstruktion aufgesetzt ist. Betreten Zielorganismen die Wippe bzw. Walze, fallen sie in die darunter befindliche Flüssigkeit und ertrinken.

4.1.2 Charakterisierung von Elektrofallen

Für die Untersuchungen standen zwei Elektrofallen für Hausmäuse und eine Elektrofalle für Ratten zur Verfügung, alle von einer Hersteller-Firma. Eine der Elektrofallen für Hausmäuse war ein mehrfach-fängiges Modell, die beiden anderen einfach-fängige Modelle.

Die Elektrofallen bestanden aus verschiedenen ausgeformten Kunststoff-Gehäusen mit jeweils einem verschließbaren Fach für vier Batterien Typ C (LR14) bzw. Typ AA (LR6), einem Ein/Aus-Schiebeschalter mit optischer Funktionsanzeige, einer geschlossenen Kammer mit der Steuerelektronik und dem Hochspannungskondensator sowie einer für Zielorganismen zugänglichen Fangkammer mit zwei bis drei Auslöseplatten, die über Kontakte mit der Hochspannungsquelle in Verbindung standen. Die einfach-fängige Hausmausfalle bestand aus zwei Teilen, einer Fangkammer und einer Kammer, in der die Batterien und die Fallenelektronik

untergebracht waren. Die beiden Teile konnten seitlich über eine „Snap-in“ Verbindung mit gesicherten Gleitkontakten für die Stromübertragung miteinander verbunden bzw. voneinander getrennt werden. Bei der Rattenfalle waren die Batterien und die Elektronik in einem abnehmbaren Deckel untergebracht.

Die Fangkammern aller Elektrofallen waren an verschiedenen Stellen durch „Schikanen“ verengt, welche die Bewegungsrichtung für eintretende Zielorganismen vorgaben und die Bewegungsfreiheit in alle Richtungen einschränkten, so dass ein Umdrehen oder Hüpfen in der Fangkammer nur schwer oder nicht möglich war und ein möglichst langer und enger Kontakt des Zielorganismus mit den Auslöseplatten erreicht wurde.

Beim Einschalten der Falle wurde der Hochspannungskondensator über eine bestimmte Zeit aufgeladen, was durch ein leises Summen kenntlich war. Anschließend befand sich die Falle im dauerhaften Betriebszustand. Die Fallenauslösung erfolgte, sobald ein elektrisch leitender Körper zwei der Kontaktflächen gleichzeitig berührte. Anschließend gaben die Fallen über bestimmte Zeitintervalle Hochspannung an die Kontaktflächen ab. Die Länge und die Anzahl dieser Zeitintervalle unterschieden sich zwischen den drei verschiedenen Modellen. Die Betriebsbereitschaft der Fallen, die Fallenauslösung, eine schwache Batteriespannung und ggf. auch technische Störungen wurden über verschiedenfarbige LEDs mit unterschiedlichem Blinkmuster angezeigt. Die Deckel der Hausmausfallen verfügten über Sicherheits-Kontaktschalter, die beim Öffnen die Stromzufuhr unterbrachen und den Betriebszustand der Falle beendeten.

Die einfach-fängigen Elektrofallen mussten nach Auslösung durch Aus- und Einschalten wieder in den Betriebszustand versetzt werden. Bei der mehrfach-fängigen Elektrofalle für Hausmäuse befand sich die Fangkammer oberhalb eines Einschubbehälters. Nach einer Fallenauslösung drehte sich die Fangkammer automatisch und motorbetrieben um 180° nach unten, wodurch ein gefangenes Tier in den Behälter gefallen wäre. Anschließend wurde die Fangkammer automatisch in ihre Ausgangsposition zurückgebracht und der Hochspannungskondensator erneut aufgeladen, so dass die Falle wieder betriebsbereit war.

4.2 Messvorrichtung zur Ermittlung physikalischer Kenngrößen von Schlagfallen

4.2.1 Messung der Auslösekraft

In den Vorversuchen zur Bestimmung der Auslösekraft von Schlagfallen mit Trittauslösern mittels aufgesetzter Wägestücke zeigte sich, dass die Auslösekräfte bei den betrachteten Rattenfallen im Bereich von 0,3-0,4 N lagen. Bei den kleineren Mausefallen war die Auslösekraft um bis zu einer Zehnerpotenz niedriger (0,03 N). Demzufolge musste der Kraftsensor eine sehr hohe Empfindlichkeit und einen großen Messbereich aufweisen, um Kräfte von 0,01 bis 0,5 N zuverlässig messen zu können. Darüber hinaus musste der Kraftsensor in der Lage sein, die Auslösemechanismen der unterschiedlichen Fallentypen zu erreichen und zu betätigen (darauf oder dagegen drücken, anheben) und er musste unter den oft sehr eingeschränkten Platzverhältnissen der Fallenmechaniken zielgenau bewegt werden. Handelsübliche Kraftsensoren können diese Anforderungen nicht hinreichend erfüllen, weshalb für diesen Anwendungsfall ein spezieller Sensor in Form eines 0,5 N Messtasters entworfen und gebaut wurde (Die Messplätze wurden in einem offenen Gestell verbaut. Die Daten zur Berechnung der Federenergie von Schlagfallen wurden mittels Drehmoment- und Winkelsensor erhoben (A). Die benötigte Kraft zum Auslösen einer Schlagfalle wurde über einen handgeführten Messtaster bestimmt (B). Die Daten zur Ermittlung von Impuls und Klemmkraft wurden in einem gemeinsamen Messprozess von einem Kraftsensor gewonnen (C).B).

Der Messtaster wurde nach dem Messprinzip eines doppelten Biegebalkens mit aufgebrachtem Dehnungsmessstreifen (DMS) konstruiert. Die DMS ändern ihren elektrischen Widerstand proportional zur Verformung der Biegebalken. Durch das zusammenschalten der DMS in einer Wheatstone'schen Brückenschaltung kann die Widerstandsänderung als Spannungssignal gemessen werden. Als Biegebalken wurden zwei Federblechstreifen (12,7x55x0,45 mm) mit je zwei DMS beklebt, in einem Abstand von 10 mm übereinandergelegt und mittels zwischengesetzter Distanzstücke fixiert. Im vorderen Distanzstück wurde eine Tastspitze verbaut, mit der die Fallen ausgelöst werden. Die Distanzstücke und die Tastspitze wurden aus Kunststoff gefertigt, um das vordere Ende des Messtasters so leicht wie möglich zu gestalten und präzisere Messungen zu erhalten. Die Kalibrierung des Messtasters erfolgte über Massestücke einer Feinwaage, die an der Messspitze angehängt wurden. Die Abtastrate des Messtasters beträgt 20.000 Werte pro Sekunde.

Da aufgrund des hochempfindlichen Messtasters schon kleine Handbewegungen ausreichen, um deutlich messbare Kräfte zu erzeugen, ist es wichtig, den genauen Auslösezeitpunkt im Messdatenverlauf zu identifizieren. Das gilt besonders dann, wenn diese ungewollten Kräfte im Bereich der maximalen Auslösekräfte bei Mausfallen liegen. Deshalb wurde für die Messung der Auslösekraft ein zweiter Sensor verbaut, der den Auslösemoment der Falle detektiert. Es handelte es sich um ein Stabmikrofon, das im rechten Winkel zur Falle positioniert wurde. Wenn das Mikrofon das akustische Signal der Fallenauslösung wahrnahm, gab es ein elektrisches Signal an das Messgerät weiter. Dieses Trigger-Signal wurde im Zeitverlauf der Messung als Nullpunkt gesetzt. Alle Werte, die auf der Zeitachse nach diesem Nullpunkt lagen, waren für die Bestimmung der Auslösekraft nicht relevant und konnten im Auswerteprozess ausgefiltert werden. Die aufgezeichnete Messdauer betrug 5 s, davon 4 s vor der Fallenauslösung (Prä-Trigger) und eine danach. Nach dem Start der Messung, wurden so lange Messdaten in den Ringspeicher geschrieben, bis das Trigger-Signal erfolgte. Die Messdatenerfassung lief noch eine Sekunde weiter und wurde dann automatisch beendet. Für die Auswertung relevant waren daher nur die 4 s vor dem Trigger-Signal.

4.2.2 Messung der Federenergie

Für die Ermittlung der potenziellen Energie der gespannten Feder einer Schlagfalle wurden zwei Größen benötigt: der Auslenkungswinkel des Schlagbügels sowie das Moment des gespannten Schlagbügels. Für die Messung des Auslenkungswinkels wurde ein Neigungssensor (GIM 140R, Baumer Group, Messbereich 0°-360°, Auflösung 0,2°, Genauigkeit $\pm 0,4^\circ$) ausgewählt, der den Winkel kapazitiv über MEMS-Kondensatoren misst. Der Neigungssensor wurde an einem Aluminium-Winkelement verbaut, dass mittels eines Gummiband es so am Schlagbügel befestigt wird, dass es während des Auslenkens seine Position am Schlagbügel nicht verändert (Die Messplätze wurden in einem offenen Gestell verbaut. Die Daten zur Berechnung der Federenergie von Schlagfallen wurden mittels Drehmoment- und Winkelsensor erhoben (A). Die benötigte Kraft zum Auslösen einer Schlagfalle wurde über einen handgeführten Messtaster bestimmt (B). Die Daten zur Ermittlung von Impuls und Klemmkraft wurden in einem gemeinsamen Messprozess von einem Kraftsensor gewonnen (C).A).

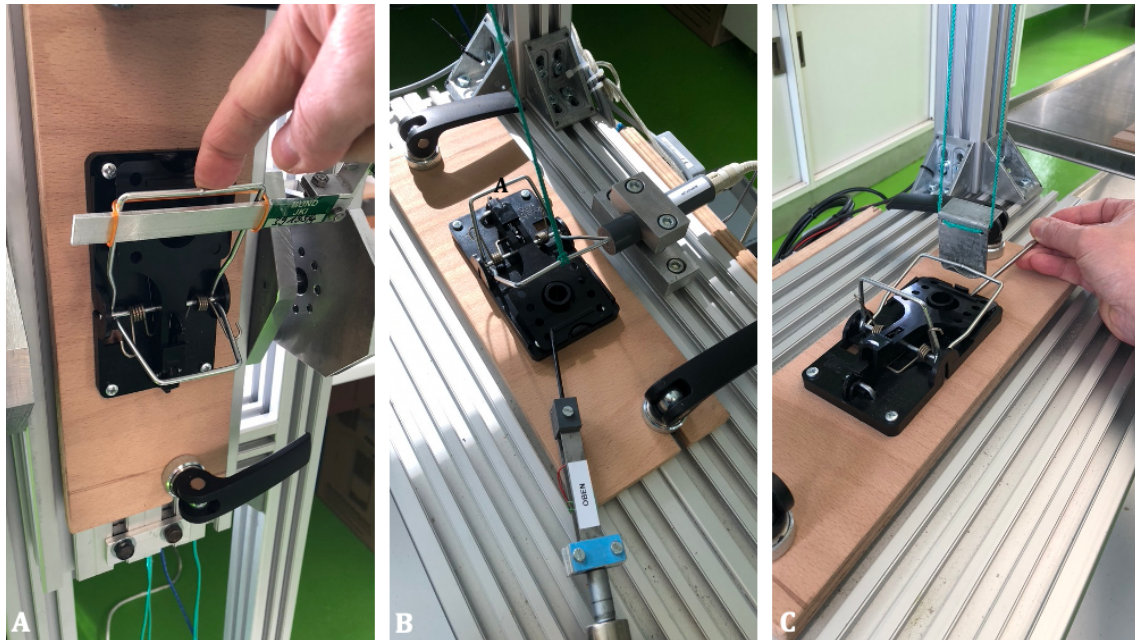
Die Voruntersuchungen zur Bestimmung des Moments gespannter Schlagbügel zeigten, dass die Werte bei den getesteten Schlagfallen im Bereich von etwa 10 Nm liegen. Für die Messvorrichtung war deshalb ein Drehmomentsensor (TS110a, ME-Messsysteme, Genauigkeit $\pm 0,1\%$) mit einem Nennmoment von 20 Nm ausreichend. Das Messprinzip dieses Drehmomentsensors basiert auf einem Scherbalken mit Dehnungsmessstreifen.

Zur Messung des Moments wurde die Falle auf einer Metall-Platte befestigt, die frei zwischen dem Drehmomentsensor und einem Gegenlager aufgehängt war (Die Messplätze wurden in einem offenen Gestell verbaut. Die Daten zur Berechnung der Federenergie von Schlagfallen wurden mittels Drehmoment- und Winkelsensor erhoben (A). Die benötigte Kraft zum Auslösen einer Schlagfalle wurde über einen handgeführten Messtaster bestimmt (B). Die Daten zur Ermittlung von Impuls und Klemmkraft wurden in einem gemeinsamen Messprozess von einem Kraftsensor gewonnen (C).A). Durch das Auslenken des Bügels und das damit verbundene Vorspannen der Feder wurde ein Moment auf die Platte übertragen, das mit dem Drehmomentsensor gemessen werden konnte. Gleichzeitig wurde über den am Schlagbügel befestigten Neigungssensor der Auslenkungswinkel aufgezeichnet. Damit erhielt man den Verlauf des Moments in Abhängigkeit vom Auslenkungswinkel.

Die Abtastrate für die Messung betrug 2000 Werte pro Sekunde, die Messdauer 50 s (siehe Kap. 3.2.5). Diese Werte wurden gewählt, weil die Messung möglichst langsam erfolgen soll, um die Hysterese der Moment-Winkel-Kennlinie so klein wie möglich zu halten. Diese Hysterese entstand durch den langsamen Neigungssensor, der einen zeitlichen Versatz zwischen Auslenkungswinkel und Moment erzeugte. Je langsamer die Auslenkung des Schlagbügels erfolgte, desto kleiner der zeitliche Versatz zwischen den Messgrößen und desto kleiner die Hysterese der Kennlinie.

In der Auswertesoftware (siehe Kap. 3.2.5) wurden die Messverläufe von Winkel und Moment mit einem Tiefpassfilter (25 Hz) gefiltert. Da es sich hier um einen sehr langsamen Vorgang handelte, gingen dabei keine relevanten Messdaten verloren. Danach wurde ein statisch lastfreier Bereich im Zeitverlauf der beiden Messgrößen definiert, in dem der Schlagbügel sich in seiner Ruhelage befindet und kein Moment auf den Sensor wirkt. Mit diesen Parametern ermittelte die Software durch Integration den Betrag der potenziellen Federenergie.

Abb. 6: Messplätze für A) Federenergie, B) Auslösekraft, C) Impuls- und Klemmkraft



Die Messplätze wurden in einem offenen Gestell verbaut. Die Daten zur Berechnung der Federenergie von Schlagfallen wurden mittels Drehmoment- und Winkelsensor erhoben (A). Die benötigte Kraft zum Auslösen einer Schlagfalle wurde über einen handgeführten Messtaster bestimmt (B). Die Daten zur Ermittlung von Impuls und Klemmkraft wurden in einem gemeinsamen Messprozess von einem Kraftsensor gewonnen (C).

Quelle: eigene Darstellung, JKI.

4.2.3 Messung von Impuls und Klemmkraft

Zur Messung von Impuls- und Klemmkraft wurde an den oberen Längsträgern des Messgestelles ein S-förmiger Kraftsensor verbaut (HBM, S2M, 200 N, Genauigkeit 0,02%). Auf dem Sensor war eine Tragplatte aus Holz verschraubt, auf der eine offene Kunststoff-Schale mit handfeuchtem Quarzsand („Silbersand“, Korngröße 0,06-0,7 mm) frei beweglich platziert wurde. Auf den Sand wurde eine Schienenkonstruktion aufgesetzt, welche über einen geschlossenen Kreisbügel mit einer drehbaren Klemmaufnahme unterhalb des Kraftsensors verbunden war. An der Klemmaufnahme wurde ein in seiner Länge verstellbarer Faden befestigt, an dessen unterem Ende ein aus Zinkblech gefertigter, austauschbarer Fanghaken befestigt war (Die Messplätze wurden in einem offenen Gestell verbaut. Die Daten zur Berechnung der Federenergie von Schlagfallen wurden mittels Drehmoment- und Winkelsensor erhoben (A). Die benötigte Kraft zum Auslösen einer Schlagfalle wurde über einen handgeführten Messtaster bestimmt (B). Die Daten zur Ermittlung von Impuls und Klemmkraft wurden in einem gemeinsamen Messprozess von einem Kraftsensor gewonnen (C).C). Dieser wurde so eingestellt, dass das Schlagelement der Falle jeweils in einer definierten Höhe auftraf, z.B. in einer Höhe, in der sich bei Fallenauslösung in etwa der Kopf bzw. der Nacken einer Hausmaus oder einer Ratte befinden würde.

Der Quarzsand dämpfte den extrem schnellen Fallenschlag und dehnte den zeitlichen Verlauf des Vorgangs, um präzise Messungen vornehmen zu können. Die Impulsmessung wurde mit einer Abtastrate von 25.000 Werten je Sekunde vorgenommen (siehe Kap. 3.2.5). Die Messdauer betrug 20 s, wovon 2 s als Prä-Trigger und 18 s nach dem Trigger-Ereignis aufgenommen wurden. Die Messdauer war so gewählt, dass sowohl die statische Ruhelage der Messvorrichtung vor dem Ereignis (Prä-Trigger) als auch das Abklingen der Schwingung bis zur statischen Ruhelage nach dem Ereignis ausgewertet werden konnte. Aus der Differenz der

beiden Werte wurde in der Auswertesoftware die Klemmkraft der Schlagfallen automatisch ermittelt.

Für die Ermittlung der Impulskräfte der Schlagfallen wurde der aufgezeichnete Kraftverlauf in der Auswertesoftware (siehe Kap. 3.2.5) zuerst mit einem Tiefpassfilter (200 Hz) gefiltert. Der Wert wurde so gewählt, dass das Messrauschen deutlich reduziert wurde aber der Verlust an hochfrequenten Messdaten so gering wie möglich ausfiel. Als nächstes wurden im Verlauf der Kraftmessung verschiedene Zeitpunkte identifiziert, die als Parameter für die Berechnung des Impulses benötigt wurden:

- a) der statisch lastfreie Bereich vor dem Zuschlagen der Falle, in dem das System in Ruhe und der Sensor unbelastet war,
- b) der Beginn des Impulses, der den Kontakt des Schlagbügels mit dem Fanghaken darstellte und durch den Beginn des Kraftanstiegs erkennbar war,
- c) den Zeitpunkt des Abklingens der durch das Zuschlagen der Falle angeregten Schwingung,
- d) der statisch belastete Bereich nach dem Zuschlagen der Falle, in dem das System wieder in Ruhe war und der Bügel im Fanghaken lag, wodurch eine konstante Last auf den Kraftsensor wirkte.

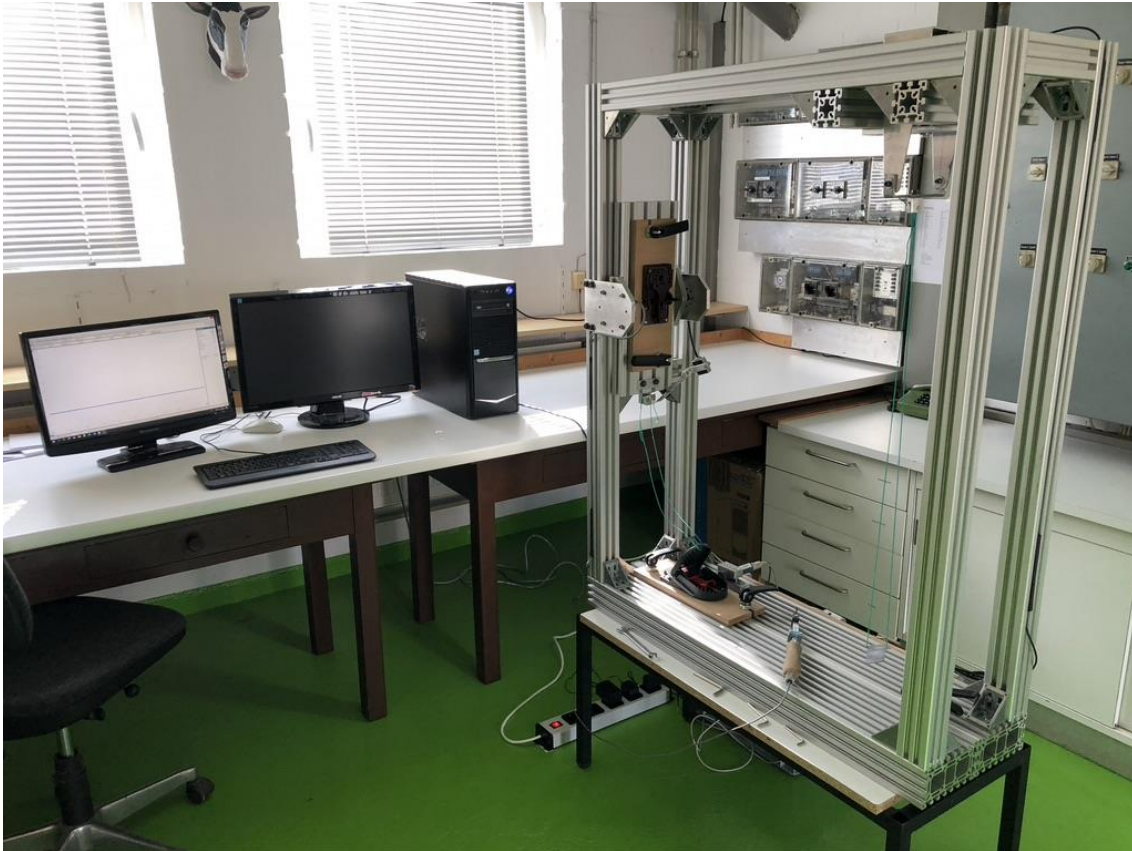
Mit diesen Parametern ermittelte die Auswertesoftware den Wert des Impulses des zufallenden Schlagelementes einer Falle durch Integration der Kraftverlaufskurve.

4.2.4 Messgestell

Für die Aufnahme der Messtechnik wurde ein freistehender quaderförmiger Rahmen (1000x1280x320 mm) aus Aluminium-Profilen (F-Profil, Rose & Krieger GmbH) konstruiert, die durch doppelstrebige Winkel (F-60x60 mm, Zink Druckguss), Nutensteine (Typ 60, Stahl verzinkt) und Zylinderschrauben (M5x20, DIN 912, Stahl verzinkt) in Längs- und Querrichtung miteinander verbunden waren (Abb. 7). Auf den Ecken der Grundplatte (1000x320x80 mm) wurden Säulenprofile (1200x60x60 mm) senkrecht aufgesetzt und an den oberen Enden durch plan zwischengesetzte Querträger (880x60x60 mm, 200x60x60 mm) miteinander verbunden. Der Messplatz mit Drehmomentsensor und Winkelsensor zur Ermittlung der Federenergie befand sich auf der linken Rahmeninnenseite, etwa auf halber Höhe der Säulenprofile. Die Auslösekraft wurde mittels eines frei beweglichen Messtasters im linken Bereich der Grundplatte gemessen. Hier war das verstellbare Mikrofon als Trigger für die Fallenauslösung verbaut. Die Messung von Impuls und Klemmkraft erfolgte im rechten Bereich des Messgestells.

Der Kraftsensor für die Impuls- und Klemmkraftmessung saß in einem Gestell aus zwei Trägerprofilen, die an den oberen Längsträgern montiert waren. Die zu messende Falle wurde darunter auf der Grundplatte eingespannt und die Kräfte über eine frei bewegliche Konstruktion aus einem Metall-Fanghaken an einem Faden und einer Metall-Brücke an den Kraftsensor geleitet. Die Kabel zur Versorgung der einzelnen Sensoren wurden weitestgehend geschützt in den Profil-Nuten des Messgestells verlegt und mit Leisten aus Moosgummi fixiert. Die Messverstärker zur Aufbereitung der Sensoren-Messsignale waren auf einer Holzleiste (Schichtholz Buche, 700x80x15 mm) auf der Rückseite der Grundplatte montiert. Die zu vermessenden Fallen wurden mittig auf vorgefertigte Holzplatten (Schichtholz Buche, 350x120x15 mm) verschraubt die an den kurzen Seiten mit Einfräsungen (30x8 mm) versehen und mit verstellbaren Kipp-Exzenterhebeln an den Messplätzen fixiert wurden (Abb. 7).

Abb. 7: Gestell mit der Messtechnik zur Prüfung von Schlagfallen



In einem stabilen Aluminium-Rahmen wurden die drei Messplätze zur Ermittlung von Feder-energie (linke Seitenwand), Auslösekraft (links unten) sowie Impuls- und Klemmkraft (rechte Seite) platziert. Die Messelektronik war auf der Rückseite der Bodenplatte angebracht. Sie übermittelte die Messsignale zur Weiterverarbeitung an ein digitales Oszilloskop. Quelle: eigene Darstellung, JKI

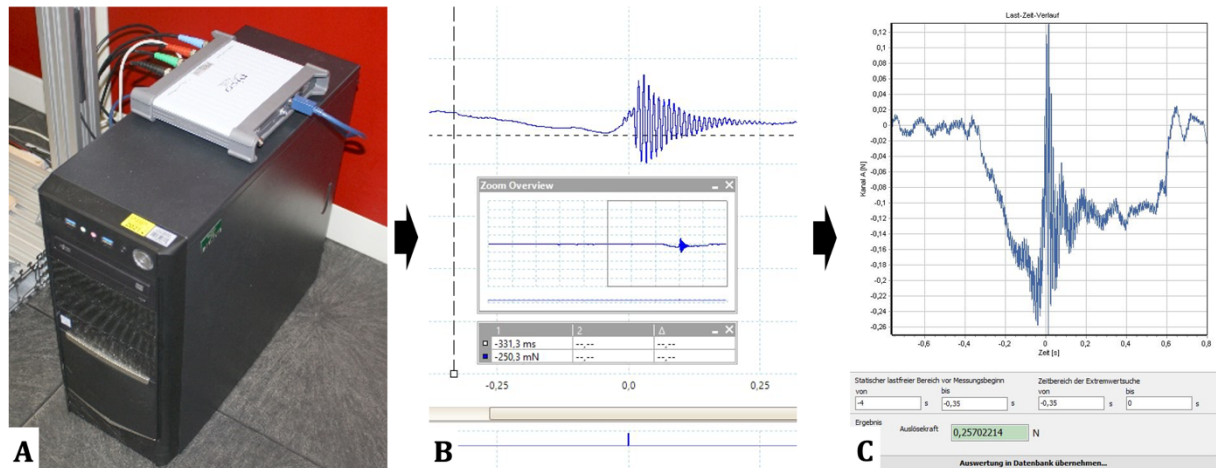
4.2.5 Aufbereitung und Auswertung der Messsignale

Die Aufbereitung der von den einzelnen Sensoren ausgegebenen Messströme erfolgte durch DMS-Messverstärker (BA 627-ST, AST GmbH, Spannungseingang 0,28-3,6 mV/V, Genauigkeitsklasse 0,2). Die aufbereiteten Messsignale wurden an ein digitales Oszilloskop (PicoScope 5444D MSO, Pico Technology Ltd., Cambridgeshire UK, 4 analoge Messkanäle, 16 digitale Kanäle, Messauflösung 14 Bit, Bandbreite 200 MHz, Abtastgeschwindigkeit bis zu 1GS/s bei 8 bit) ausgegeben. Das Oszilloskop wandelte die von den Sensoren und Messverstärkern ausgegebenen analogen, elektrischen Spannungen in digitale, auswertbare Daten, die mit der zugehörigen Software PicoScope 6 (Pico Technology Ltd., Cambridgeshire UK) in Echtzeit auf einem angeschlossenen PC (Windows 10, USB 2.0/3.0) visualisiert und zur weiteren Verarbeitung gespeichert wurden (Abb. 8A-B, Anhang A.2).

Zur Ermittlung der Kenngrößen wurden die Messkurven im Programm PicoPulse (TU Dresden, IFKM) geladen und ausgewertet (Abb. 8C, Anhang A.2). In den Rohdaten der Messkurven konnten in einem ersten Schritt Störfrequenzen über einstellbare Filter analysiert und ausgeschlossen werden. Anschließend wurden in der Messkurve die Messbereiche definiert, die für die Ermittlung der jeweiligen Kenngröße ausschlaggebend waren. Die Kenngrößen wurden dann automatisch berechnet und angezeigt. Anschließend erfolgte die Übernahme in die Datenbank, wo sie für weitere Auswertungen zur Verfügung standen. Die strukturelle Gestaltung

und die Bedienung der Messapparatur inkl. der Software wurden in einer Anleitung dargestellt (Anhang A.2).

Abb. 8: Aufnahme, Aufbereitung und Auswertung der Messsignale



Die von der Messapparatur gewonnenen elektrischen Signale wurden mit einem digitalen Oszilloskop in Verbindung mit einem PC in Messdaten umgewandelt und aufbereitet (A) und mittels angepasster Oszilloskop-Software auf einem Bildschirm visualisiert (B). Die Daten wurden abgespeichert und mit Hilfe einer eigens programmierten Software ausgewertet (C).

Quelle: eigene Darstellung, JKI

4.3 Kenngrößen von Schlag- und Elektrofällen für Hausmäuse und Ratten

4.3.1 Raummaße und Gewichte von Schlag- und Elektrofällen

Bei fünf der 20 Schlagfallen für Hausmäuse handelte es sich um sogenannte Tunnelfallen, bei denen der Fangmechanismus im Inneren eines Gehäuses untergebracht war. Eines der Modelle war so gestaltet, dass im Inneren des Gehäuses eine passgenaue Schlagfalle eingeklickt werden konnte. Die Gehäuse waren im Durchschnitt $150,4 \times 68,7 \times 66,3 \text{ mm}$ ($\pm 15,7 \times 9,3 \times 8,2 \text{ mm}$) groß, $111,3 \text{ g}$ ($\pm 27,4 \text{ g}$) schwer und nahmen ein Volumen von $619,1 \text{ cm}^3$ ($\pm 61,3 \text{ cm}^3$) ein. Die Zugänge in die Fangkammern der Tunnelfallen waren im Mittel $30,1 \times 28,8 \text{ mm}$ ($\pm 3,3 \times 2,6 \text{ mm}$) groß (Anhang A.5). Die 11 Referenzfallen moderner Bauart wiesen eine mittlere Größe von $90,9 \times 46,7 \times 61,6 \text{ mm}$ ($\pm 4,1 \times 0,7 \times 3,6 \text{ mm}$) und ein Gewicht von $34,6 \text{ g}$ ($\pm 1,9 \text{ g}$) auf. Die vier Referenzfallen klassischer Bauart maßen im Durchschnitt $95,6 \times 48,2 \times 19,7 \text{ mm}$ ($\pm 1,0 \times 0,7 \times 1,1 \text{ mm}$) und wogen 29 g ($\pm 1,1 \text{ g}$). Bei den untersuchten Referenzfallen für Ratten wiesen die Fallen moderner Bauart eine durchschnittliche Größe von $153,1 \times 80,8 \times 110,5 \text{ mm}$ ($\pm 6,3 \times 3,6 \times 10,9 \text{ mm}$) und ein Gewicht von $164,3 \text{ g}$ ($\pm 35,8 \text{ g}$) auf. Die Fallen klassischer Bauart waren im Durchschnitt $179,9 \times 84,5 \times 37,7 \text{ mm}$ ($\pm 11,2 \times 2,5 \times 4,7 \text{ mm}$) groß und wogen $159,9 \text{ g}$ ($\pm 17,2 \text{ g}$).

Die Elektrofällen für Hausmäuse und Ratten waren im Mittel $202,0 \times 90,8 \times 95,4 \text{ mm}$ ($\pm 16,9 \times 6,7 \times 22,7 \text{ mm}$) groß, $497,0 \text{ g}$ ($\pm 173,7 \text{ g}$) schwer und sie wiesen ein Volumen von 1.930 cm^3 ($\pm 638,1 \text{ cm}^3$) auf. Die drei einzelnen Modelle wichen in ihren Abmaßen und Gehäuseaufbauten stark voneinander ab. Die einfach-fängige Hausmausfalle hatte eine Gesamtgröße von $160,0 \times 82,0 \times 42,9 \text{ mm}$ ($562,5 \text{ cm}^3$) und ein Leergewicht von $186,0 \text{ g}$. Das mehrfach-fängige Modell war $222 \times 107,1 \times 137,5 \text{ mm}$ ($3.269,2 \text{ cm}^3$) groß und 904 g schwer. Die Eingangswerte des einfach-fängigen Modells betrug $39,3 \times 36,1 \text{ mm}$. Diese wurde durch eine schräg verlaufende Schikane

im Inneren der Falle nach 41 mm auf 33,5 x 18,5 mm verengt. Das mehrfach-fängige Modell verfügte an der Gehäuserückseite über zwei gegenüberliegende, 36 x 27 mm weite Zugänge, die nach 21mm bzw. 41 mm in 112 mm lange, treppenartig ausgestaltete Aufstiege mit Öffnungsweiten von 24 x 27 mm und einem Anstiegswinkel von 54° übergangen. Am oberen Ende vereinten sich die Aufstiege zu einem 24,4 x 21,3 mm weiten Zugang in die Fangkammer. Das Elektrofallemodell für Ratten maß 222,5 x 83,3 x 105,7 mm (1.958,1 cm³) und wog im leeren Zustand 401 g. Die Zugangsöffnung betrug 71,1 x 79,5 mm.

4.3.2 Messung der Kräfte von Schlagfallen für Mäuse

4.3.2.1 Auslösekraft von Schlagfallen für Mäuse

Die Auslösekraft der 20 Fallenmodelle für Hausmäuse betrug zwischen 0,04 N und 0,66 N, wobei 95% (n=19) der Fallenmodelle in einem Bereich von 0,04 - 0,19 N lagen und sich z.T. deutlich unterschieden (p<0,001) (Tab. 1). Die „LUNA Mausefalle“ löste am leichtesten aus, die „Hidden Kill Mausefalle“ am schwersten. Die mittlere Auslösekraft aller Fallenmodelle betrug 0,14 ±0,03 N. Allgemein ähnelten die Auslösekräfte der Fallen im fabrikneuen Zustand (0,15 ±0,04 N) denen nach 20-facher Auslösung (0,13 ±0,02 N, p=0,90), jedoch war die Auslösekraft der „Hidden Kill Mausefalle“ im Neuzustand 37% höher als nach 20-facher Auslösung (p<0,001). Die Auslösekraft von Hausmausfallen mit Zug/Druckauslöser war etwa doppelt so groß wie bei Fallen mit Trittauslöser und Hubauslöser (p=0,006) (Abb. 9a).

4.3.2.2 Impuls von Schlagfallen für Mäuse

Der mittlere Impuls der Fallenmodelle für Hausmäuse betrug 0,17 ±0,04 Ns, wobei sich die einzelnen Fallenmodelle deutlich voneinander unterschieden (p<0,001) (Tab. 1). Die Messwerte der einzelnen Fallenmodelle lagen zwischen 0,05 und 0,81 Ns, wobei 95% der Fallenmodelle Werte zwischen 0,05 und 0,42 Ns erreichten (Tab. 1). Die „Hidden Kill Mausefalle“ besaß den größten Impuls (0,81 Ns). Den niedrigsten Impuls zeigten die Modelle „Pre-baited Snap Trap Maus“ (0,05 ±0,003 Ns), „Mausefalle Snap“ (0,05 ±0,005 Ns) und „Cumarax Tunnel Mausefalle“ (0,05 ±0,003 Ns) (Tab. 1). Es gab den Trend, dass sich die Impuls-Werte der Hausmausfallen im fabrikneuen Zustand und nach 20-facher Auslösung unterschieden (p=0,052). Der Impuls der vier Fallenmodelle mit Zug/Druckauslöser betrug im Mittel 0,33 ±0,15 Ns. Er war >50% höher als bei den Modellen mit Trittauslöser (p<0,001) und nahezu drei Mal so groß wie bei den Modellen mit Hubauslöser (p<0,001) (Abb. 9b). Die Hausmausfallen mit Trittauslöser wiesen einen mittleren Impuls von 0,19 ±0,03 Ns auf. Für die Hausmausfallen mit Hubauslöser wurde ein mittlerer Impuls von 0,13 ±0,02 Ns ermittelt, jedoch unterschieden sich die beiden Modelle untereinander um das Vierfache (0,05 ±0,005 Ns vs. 0,20 ±0,029 Ns).

4.3.2.3 Klemmkraft von Schlagfallen für Mäuse

Die Klemmkraft der Fallen für Hausmäuse unterschieden sich zwischen den Modellen (p<0,001). Sie lagen zwischen 1,35–8,95 N, im Mittel bei 4,4 ±0,45 N (Tab. 1). Die höchste Klemmkraft besaß das Modell „Gorilla Mausefalle KN“ (8,95 ±0,28 N). Die niedrigste Klemmkraft wies das Modell „Cumarax Tunnel Mausefalle“ auf (1,35 ±0,02) (Tab. 1). Bei den Modellen „Gorilla Traps Maus“ (neu 5,6 N; benutzt 6,5 N) und „Gorilla Traps KN“ (neu 8,2 N; benutzt 9,6 N), nahm die Klemmkraft zwischen Fallen im Neuzustand und 20-fach ausgelösten Fallen zu (p<0,05), bei den Modellen „Kness Mausefalle“ (neu 7,0 N; benutzt 6,5 N), „No See No Touch Mausefalle“ (neu 5,6 N; benutzt 5,0 N), „Tomcat Mausefalle“ (neu 3,9 N; benutzt 3,5 N) und „Victor Kill Vault Mausefalle“ (neu 1,9 N; benutzt 0,8 N) nahm sie ab (p<0,05). Die Klemmkraft von Hausmausfallen mit Zug/Druckauslöser (2,7 ±0,64 N) war geringer als bei Modellen mit

Trittauslösern ($4,7 \pm 0,54$ N) ($p < 0,001$) und Modellen mit Hubauslösern ($5,7 \pm 0,57$ N) ($p < 0,001$) (Abb. 9c).

4.3.2.4 Federenergie von Schlagfallen für Mäuse

Die Federenergie der Fallenmodelle für Hausmäuse unterschied sich zwischen den einzelnen Modellen ($p < 0,001$). Im Mittel betrug sie $0,46 \pm 0,08$ J. Das Modell „Gorilla Traps Maus KN“ besaß die höchste Federenergie ($1,41 \pm 0,088$ J), das Modell „Quick-set Mausefalle“ die niedrigste ($0,08 \pm 0,005$ J) (Tab. 1). Die Federenergie zwischen neuen und 20-fach ausgelösten Fallen unterschied sich nur bei den Modellen „Gorilla Traps Maus“ (neu 1,7 J; benutzt 1,2 J) ($p < 0,001$) und „EasySet Maus“ (neu 0,9 J; benutzt 0,8 J) ($p = 0,027$) mit jeweils höheren Werten bei fabrikneuen Fallen. Die Federenergie variierte zwischen den vier verschiedenen Auslösetypen ($p < 0,001$). Sie war bei Trittauslösern ($0,51 \pm 0,09$ J) etwa drei Mal höher als bei Hubauslösern ($0,17 \pm 0,04$ J) und etwa doppelt so hoch wie bei Zug/Druckauslösern ($0,26 \pm 0,13$ J) (Abb. 9d).

4.3.2.5 Rangsummen von Schlagfallen für Mäuse

Bei den Hausmausfallen war der Unterschied in den Rangsummen basierend auf Impuls, Klemmkraft und Federenergie erheblich (Tab. 1). Sie reichte von 4-37. Die niedrigste Rangsumme (höchste Impuls-/Kraftwerte) bei den Hausmausfallen besaß das Modell „Gorilla Traps Maus KN“ und die höchste Rangsumme das Modell „Cumarax Tunnel Falle Maus“.

Tab. 1: Übersicht physikalischer Kenngrößen und Rangliste der getesteten Schlagfallen für Hausmäuse und Ratten

Fallenmodell	Auslösekraft [N] Mittel ±SE	Diff.	Impuls [Ns] Mittel ±SE	Diff.	Rang	Klemmkraft [N] Mittel ±SE	Diff.	Rang	Federenergie [J] Mittel ±SE	Diff.	Rang	Rang Σ
MÄUSEFALLEN												
Gorilla Traps Maus KN	0,18 ±0,019	BCD	0,42 ±0,015	B	2	8,95 ±0,28	A	1	1,41 ±0,088	A	1	4
Anticimex Smart Trap Maus	0,09 ±0,008	BCDE	0,33 ±0,018	BC	3	6,28 ±0,09	BC	3	0,64 ±0,021	C	3	9
Gorilla Traps Maus	0,19 ±0,020	BC	0,32 ±0,012	C	4	6,02 ±0,17	C	4	0,56 ±0,007	D	4	12
Kness Schlagfalle Maus	0,13 ±0,013	BCDE	0,18 ±0,007	EFGH	9	6,75 ±0,1	B	2	0,67 ±0,01	C	2	13
Trapper Mini-Rex Maus	0,12 ±0,014	BCDE	0,28 ±0,011	CDE	6	6,74 ±0,11	B	2	0,3 ±0,008	G	7	15
No See No Touch Mausefalle	0,19 ±0,013	BCD	0,23 ±0,024	CDEF	7	5,45 ±0,2	D	5	0,26 ±0,017	GH	7	19
Supercat Maus PRO	0,15 ±0,025	BCDE	0,20 ±0,029	DEFG	8	6,52 ±0,11	B	2	0,23 ±0,012	HI	9	19
Celaflor Mausefalle UltraPower	0,08 ±0,009	BCDE	0,16 ±0,003	FGHI	10	4,94 ±0,08	DE	6	0,52 ±0,015	DE	5	21
Easy Set Maus	0,06 ±0,003	DE	0,11 ±0,006	HIJ	13	3,03 ±0,03	GH	10	0,83 ±0,021	B	2	25
LUNA Mausefalle	0,04 ±0,007	E	0,12 ±0,009	GHIJ	12	2,38 ±0,06	I	13	0,69 ±0,018	C	2	27
FOX Metallmausefalle	0,06 ±0,005	CDE	0,16 ±0,015	FGHI	10	2,71 ±0,08	HI	12	0,47 ±0,01	EF	6	28
Tomcat Mausefalle	0,15 ±0,011	BCDE	0,13 ±0,026	FGHIJ	11	3,7 ±0,09	F	8	0,15 ±0,011	JK	11	30
Supercat Maus	0,06 ±0,005	DE	0,10 ±0,011	HIJ	13	4,97 ±0,1	DE	6	0,14 ±0,005	JK	12	31
Quick-set Mausefalle	0,08 ±0,008	BCDE	0,12 ±0,005	GHIJ	12	4,59 ±0,05	E	7	0,08 ±0,005	K	14	33
LUCHS Mausefalle	0,19 ±0,010	B	0,08 ±0,004	IJ	14	1,75 ±0,07	J	14	0,44 ±0,017	F	6	34
Mausefalle Snap	0,12 ±0,006	BCDE	0,05 ±0,005	J	15	4,91 ±0,03	E	7	0,11 ±0,005	JK	13	35
Pre-baited Snap Trap Maus	0,12 ±0,007	BCDE	0,05 ±0,003	J	15	2,82 ±0,06	GHI	11	0,17 ±0,014	IJ	10	36
Cumarax Tunnel Mausefalle	0,06 ±0,010	DE	0,05 ±0,003	J	15	1,35 ±0,02	J	14	0,25 ±0,009	GH	8	37
Hidden Kill Mausefalle ¹	0,66 ±0,107	A	0,81 ±0,062	A	1	3,25 ±0,14	FG	9	-	-	-	-
Victor Kill Vault Mausefalle ¹	0,09 ±0,008	BCDE	0,29 ±0,024	CD	5	1,36 ±0,23	J	14	-	-	-	-

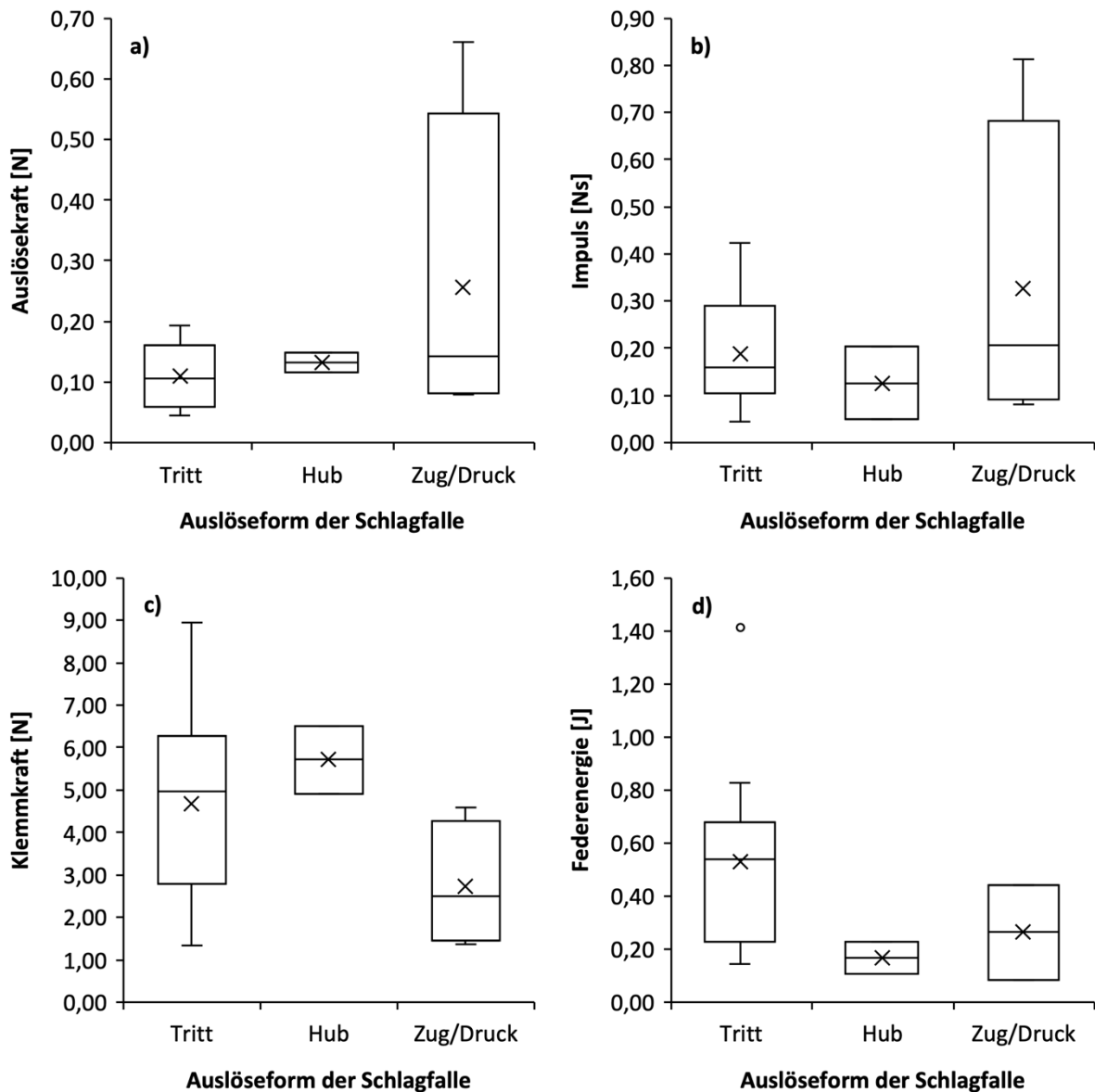
Fallenmodell	Auslösekraft [N] Mittel ±SE	Diff.	Impuls [Ns] Mittel ±SE	Diff.	Rang	Klemmkraft [N] Mittel ±SE	Diff.	Rang	Federenergie [J] Mittel ±SE	Diff.	Rang	Rang Σ
RATTENFALLEN												
Rattentöter WINA	0,56 ±0,0216	BC	0,83 ±0,0017	A	1	21,32 ±1,29	B	2	9,36 ±0,285	A	1	4
Ratentöter LUCHS	0,69 ±0,0123	B	0,71 ±0,0073	ABC	3	14,27 ±0,34	D	4	7,65 ±0,013	B	2	9
Trapper T-Rex Rattenfalle	0,29 ±0,0001	CDE	0,69 ±0,0016	ABC	3	18,77 ±0,04	C	3	2,38 ±0,002	G	7	13
Easy Setting Metall Rattenfalle	1,04 ±0,1152	A	0,73 ±0,0013	AB	2	8,49 ±0,08	GH	8	5,18 ±0,024	D	4	14
Supercat Rattenfalle PRO	0,50 ±0,0007	BCD	0,57 ±0,0300	CDEF	6	24,97 ±1,26	A	1	2,6 ±0,014	G	7	14
Gorilla Trap Ratte ²	0,36 ±0,0045	CDE	0,60 ±0,0004	BCDE	5	11,15 ±0,14	E	5	2,5 ±0,015	G	7	17
Metall Pedal Rattenfalle	0,25 ±0,0003	DE	0,57 ±0,0006	CDEF	6	7,94 ±0,36	H	9	6,23 ±0,004	C	3	18
Sure-set Rattenfalle	0,18 ±0,0002	E	0,66 ±0,0120	BCD	4	11,27 ±0,14	E	5	0,71 ±0,002	I	9	18
Kness Schlagfalle Ratte	0,39 ±0,0039	BCDE	0,42 ±0,0006	FG	9	13,65 ±0,07	D	4	2,15 ±0,002	G	7	20
LUNA Rattenfalle	0,16 ±0,0005	E	0,37 ±0,0008	G	10	10,47 ±0,18	EF	6	4,47 ±0,002	E	5	21
Easy Set Ratte	0,14 ±0,0007	E	0,48 ±0,0004	EFG	8	6,27 ±0,19	I	10	5,12 ±0,014	D	4	22
FOX Metallrattenfalle	0,23 ±0,0009	DE	0,38 ±0,0006	G	10	9,49 ±0,24	FG	7	4,27 ±0,023	E	5	22
Little Nipper Rattenfalle	0,25 ±0,0013	DE	0,51 ±0,0004	DEFG	7	5,18 ±0,04	I	10	3,72 ±0,005	F	6	23
Supercat Rattenfalle	0,13 ±0,0001	E	0,20 ±0,0003	H	11	13,26 ±0,01	D	4	1,28 ±0,001	H	8	23

Mittelwerte der Kenngrößen ± Standardfehler. Die Unterschiede zwischen den Fallenmodellen sind durch Buchstaben in der Spalte Diff. gekennzeichnet (Fallenmodelle, die mit demselben Buchstaben verbunden sind, sind ähnlich). Die Rangfolge der Fallen basiert auf den Mittelwerten unabhängig von statistischen Unterschieden und wurde für Impuls, Klemmkraft und Federenergie addiert, um eine Rangsumme zu erhalten, bei der der kleinste Wert mit den höchsten Parameterwerten verbunden ist.

¹ Bei Fallbügelschlagfallen konnte die Federenergie nicht mit der Messapparatur ermittelt werden. ² Messergebnisse bei eingestellter Auslösestärke 1 (Das Fallenmodell verfügt über drei verschiedene Auslösestärken).

Quelle: eigene Darstellung, JKI

Abb. 9: Physikalische Kenngrößen von Schlagfallen für Hausmäuse



Dargestellt sind a) Auslösekraft, b) Impuls, c) Klemmkraft und d) Federenergie der 20 getesteten Schlagfallenmodelle für Hausmäuse, von denen 14 mit einem Trittauslöser, 2 mit einem Hubauslöser und 4 mit einem Zug/Druckauslöser bestückt waren. Bei der Darstellung der Federenergie wurden nur 2 der 4 Schlagfallen mit Zug/Druckauslöser berücksichtigt, da die Federenergie der zwei Fallen mit Fallbügelmechanismus nicht mit der Messapparatur ermittelt werden konnten. Dargestellt sind: Kasten – 25/75% Quartile; X – Mittelwert; horizontale Linie – Median; Antennen – Minimum/Maximum (<1,5-facher Interquartilabstand); Punkte – Ausreißer (>1,5-facher Interquartilabstand).

Quelle: eigene Darstellung, JKI

4.3.3 Messung der Kräfte von Schlagfallen für Ratten

4.3.3.1 Auslösekraft von Schlagfallen für Ratten

Die 14 Fallenmodelle für Ratten wiesen Auslösekräfte zwischen 0,13 N und 1,4 N auf (Tab. 1). Dabei lagen 93% (n=13) der Fallenmodelle in einem Bereich zwischen 0,13 N und 0,69 N. Die Fallenmodelle unterschieden sich bezüglich ihrer Auslösekräfte z.T. deutlich voneinander ($p < 0,001$). Die niedrigste Auslösekraft wurde bei der „Supercat Rattenfalle“ ($0,13 \pm 0,0001$ N)

gemessen. Die „Easy Setting Metal Rattenfalle“ besaß die höchste Auslösekraft ($1,4 \pm 0,1$) (Tab. 1). Die mittlere Auslösekraft der Rattenfallen betrug $0,37 \pm 0,05$ N, wobei sich die gemessenen Werte zwischen dem fabrikneuen Zustand ($0,38 \pm 0,07$ N) und dem nach 20-facher Auslösung ($0,36 \pm 0,06$ N) ähnelten ($p=0,64$).

Die Auslösekraft von Rattenfallen mit Trittauslöser war ungefähr halb so stark wie bei Rattenfallen mit Zug/Druckauslöser ($p<0,001$) und bei Hubauslösern ($p=0,005$) (Abb. 10a). Das Rattenfallenmodell mit Hubauslöser wies eine mittlere Auslösekraft von $0,50 \pm 0,01$ N auf. Die vier Modelle mit Zug/Druckauslöser reagierten im Mittel bei einer einwirkenden Kraft von $0,64 \pm 0,19$ N.

4.3.3.2 Impuls von Schlagfallen für Ratten

Der Impuls der 14 Fallenmodelle für Ratten betrug im Mittel $0,55 \pm 0,04$ Ns. Die Werte der Fallenmodelle unterschieden sich ($p<0,001$). Den höchsten Impuls hatte das Modell „Rattentöter WINA“ ($0,83 \pm 0,002$ Ns). Der niedrigste Impuls wurde bei dem Modell „Supercat Rattenfalle“ gemessen (Tab. 1). Fabrikneue Fallen und 20-fach ausgelöste Fallen wiesen fast immer ähnliche Impuls-Werte auf ($p=0,73$). Nur bei der „Supercat Rattenfalle Pro“ war der Impuls bei 20-fach ausgelösten Fallen 59% höher als bei neuen Fallen ($p=0,023$).

Die vier Rattenfallenmodelle mit Zug/Druckauslöser wiesen mit einem mittleren Impuls von $0,71 \pm 0,05$ Ns einen um etwa 50% höheren Impuls als die Modelle mit Trittauslöser auf ($0,48 \pm 0,05$ Ns, $p<0,001$). Der Impuls des Rattenfallenmodells mit Hubauslöser betrug $0,57 \pm 0,05$ Ns. Zwischen Modellen mit Zug/Druckauslösern und Hubauslösern sowie zwischen Modellen mit Trittauslösern und Hubauslösern war der Impuls jeweils ähnlich ($p<0,05$) (Abb. 10b).

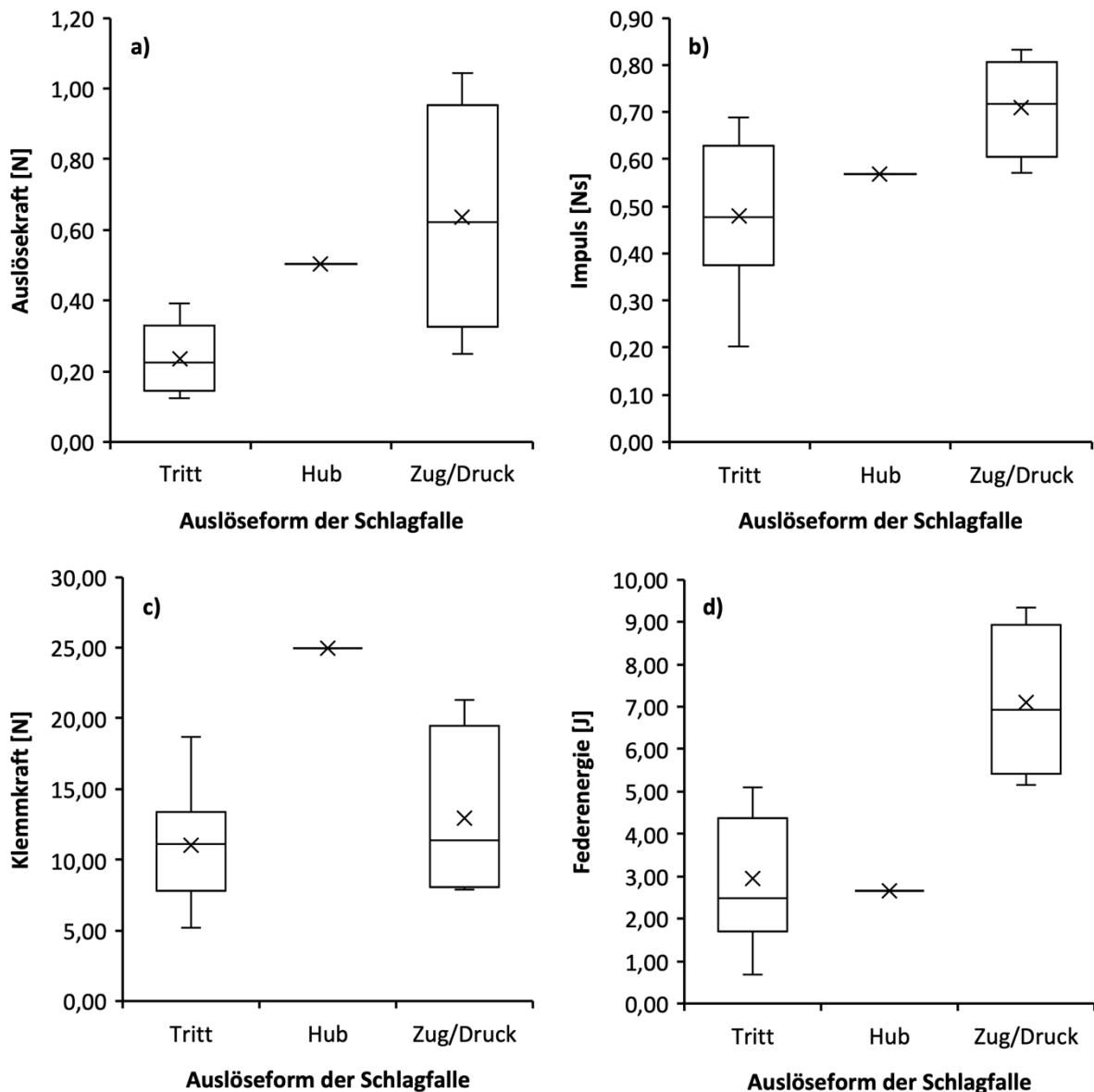
4.3.3.3 Klemmkraft von Schlagfallen für Ratten

Bei Rattenfallen betrug die mittlere Klemmkraft $12,61 \pm 1,23$ N. Die Werte der einzelnen Modelle variierten zwischen $5,18$ - $24,97$ N ($p<0,001$) (Tab. 1). Das Modell „Supercat Rattenfalle PRO“ wies die höchste, das Modell „Little Nipper Rattenfalle“ die niedrigste Klemmkraft auf. Bei dem Modell mit Hubauslöser war die Klemmkraft etwa doppelt so hoch wie bei den Modellen mit Zug/Druckauslösern ($p<0,001$) und den Modellen mit Trittauslösern ($p=0,015$) (Abb. 10c). Die Klemmkräfte fabrikneuer und 20-fach ausgelöster Fallen ähnelten sich ($p=0,189$).

4.3.3.4 Federenergie von Schlagfallen für Ratten

Die Rattenfallen wiesen eine mittlere Federenergie von $4,12 \pm 0,53$ J auf. Die Federenergie variierte zwischen den Fallenmodellen ($p<0,001$). Das Modell „Rattentöter WINA“ besaß die höchste Federenergie ($9,36 \pm 0,2$ J), das Modell „Sure-set Rattenfalle“ die niedrigste ($0,71 \pm 0,002$ J) (Tab. 1). Fabrikneue und 20-fach ausgelöste Fallen unterschieden sich hinsichtlich ihrer Federenergie nicht signifikant ($p=0,089$). Rattenfallen mit Zug/Druckauslöser wiesen eine mehr als doppelt so hohe Federenergie auf als Fallen mit Hubauslöser ($p<0,001$) und Fallen mit Trittauslöser ($p<0,001$) (Abb. 10d).

Abb. 10: Physikalische Kenngrößen von Schlagfallen für Ratten



Dargestellt sind a) Auslösekraft, b) Impuls, c) Klemmkraft und d) Federenergie der 14 getesteten Schlagfallenmodelle, von denen 9 mit einem Trittauslöser, 1 mit einem Hubauslöser und 4 mit einem Zug/Druckauslöser bestückt waren. Dargestellt sind: Kasten – 25/75% Quartile; X – Mittelwert; horizontale Linie – Median; Antennen – Minimum/Maximum (<1,5-facher Interquartilabstand); Punkte – Ausreißer (>1,5-facher Interquartilabstand).
Quelle: eigene Darstellung, JKI

4.3.3.5 Rangsummen von Schlagfallen für Ratten

Bei den Rattenfallen war der Unterschied in den Rangsummen basierend auf Impuls, Klemmkraft und Federenergie erheblich (Tab. 1). Sie reichte von 4-23. Die niedrigste Rangsumme bei den Rattenfallen hatte das Modell „Rattentöter WINA“ und die höchste Rangsumme das Modell „Supercat Rattenfalle“ (Tab. 1).

4.3.4 Elektrofallen

Die drei untersuchten Fallenmodelle benötigten drei, vier und sechs Sekunden für das Aufladen der Geräteelektronik, also vom Einschalten des Gerätes bis zur Betriebsbereitschaft. Nach Fallenauslösung gaben die Fallen des einfach-fängigen Modells für Hausmäuse über 20 s ununterbrochen Hochspannung ab. Beim einfach-fängigen Modell für Ratten waren es 180 s. Das mehrfach-fängige Modell für Hausmäuse löste zweimal für 17 s aus, unterbrochen von einer 5 s langen Pause. Die Einschalt- und Auslösedauern der beiden Testfallen jedes Modells waren gleich und sie änderten sich auch nicht bei unterschiedlich anliegenden Eingangsspannungen (4,5-3,6 V).

Während das einfach-fängige Elektrofallenmodell für Ratten bei allen anliegenden Eingangsspannungen gleich gut auslöste, lies sich das einfach-fängige Modell für Hausmäuse bei Eingangsspannungen von 4,5 V und 5 V nur noch schwer auslösen. Zum Teil waren mehrere Auslöseversuche nötig. Die Anzeige für schwache Batteriespannung, in Form einer blinkenden roten LED, sprang bei beiden Fallenmodellen bei einer Eingangsspannung von 5 V oder niedriger an. Bei den beiden Fallen des mehrfach-fängigen Modells für Hausmäuse löste eine Falle bei einer Eingangsspannung von 5 V oder niedriger, die andere bei der Eingangsspannung von 4,5 V nicht mehr aus. Die Batteriewarnanzeige sprang bei der ersten Falle bei 5,01 V, bei der zweiten Falle bei 4,99 V an. In beiden Fällen fand dann auch keine Fallenauslösung mehr statt.

Alle drei Elektrofallenmodelle gaben eine sinusförmige Wechselfspannung ab. Die Taktfrequenz der beiden einfach-fängigen Modelle für Hausmäuse und für Ratten betrug 3,2-3,3 kHz, die des mehrfach-fängigen Modells für Hausmäuse 3,7-3,9 kHz. Die Störstrahlung aller Fallenmodelle lag zwischen -60 und +20V_{ss}.

Die Effektivspannung nahm mit steigender Eingangsspannung und mit steigendem Dummy-Widerstand zu ($p < 0,001$) (Abb. 11a). Die Effektivspannung im Leerlauf war etwa 10-mal so hoch wie bei den Dummy-Widerständen von 1 und 1,5 k Ω . Die Interaktion von Eingangsspannung und Dummy-Widerständen zeigte sich in einer Überschneidung der Effektivspannung bei Aufladung und im Leerlauf für die beiden Dummy-Widerstände (Abb. 11a) ($p < 0,001$).

Während des Einschaltvorganges der Elektrofallen und dem Aufladen der Fallenelektronik mit Eingangsspannungen von 4,5-6,3 V lagen an den Kontaktflächen der drei Elektrofallenmodelle im Leerlauf ($\infty\Omega$) Effektivspannungen zwischen 2.829 ± 117 V und 3.546 ± 116 V an (Abb. 11a). Das entspricht Spitzenspannungen von 3.961 ± 117 V bzw. 4.964 ± 116 V. Nach Auslösung der Elektrofallen mit einem Widerstand von 1 k Ω (Auslösemoment < 1 s) und anschließendem Leerlauf ($\infty\Omega$) gaben die Elektrofallen eine Hochspannung zwischen 2.234 ± 117 V und 3.488 ± 78 V ab (Abb. 11a), mit entsprechenden Spitzenspannungen zwischen 3.128 ± 96 V und 4.883 ± 78 V. Wurden bei Fallenauslösungen elektrische Widerstände statisch als Dummies für gefangene Nagetiere zwischen die Auslösekontakte geschaltet, so gaben die Elektrofallen bei einem Widerstand von 1k Ω und bei Eingangsspannungen von 4,5-6,3 V effektive Hochspannungen zwischen 155 ± 1 V und 264 ± 8 V ab (Abb. 11a). Das entsprach Spitzenspannungen zwischen 216 ± 1 V und 369 ± 8 V. Bei einem zwischengeschalteten Widerstand von 1,5 k Ω lag die Effektivspannung während der Fallenauslösung im Mittel um $28 \pm 2\%$ höher als bei dem Widerstand von 1 k Ω . Es wurden Werte zwischen 183 ± 14 V und 344 ± 7 V erreicht (Abb. 11a). Dem entsprechend betrugen die Spitzenspannungen zwischen 254 ± 14 V und 482 ± 7 V.

Die Stromstärke nahm mit steigender Eingangsspannung zu ($p < 0,001$). Sie war bei einer Eingangsspannung von 4,5 V an niedrigsten ($p < 0,05$) und bei einer Eingangsspannung von 6,3 V am höchsten ($p < 0,05$) (Abb. 11b). Bei zwischengeschalteten Dummy-Widerständen war die Stromstärke 40% höher als während der Fallenaufladung oder bei Auslösung im Leerlauf

($p < 0,05$) (Abb. 11b). Es gab keine Interaktion zwischen Eingangsspannung und Widerstand ($p = 0,32$).

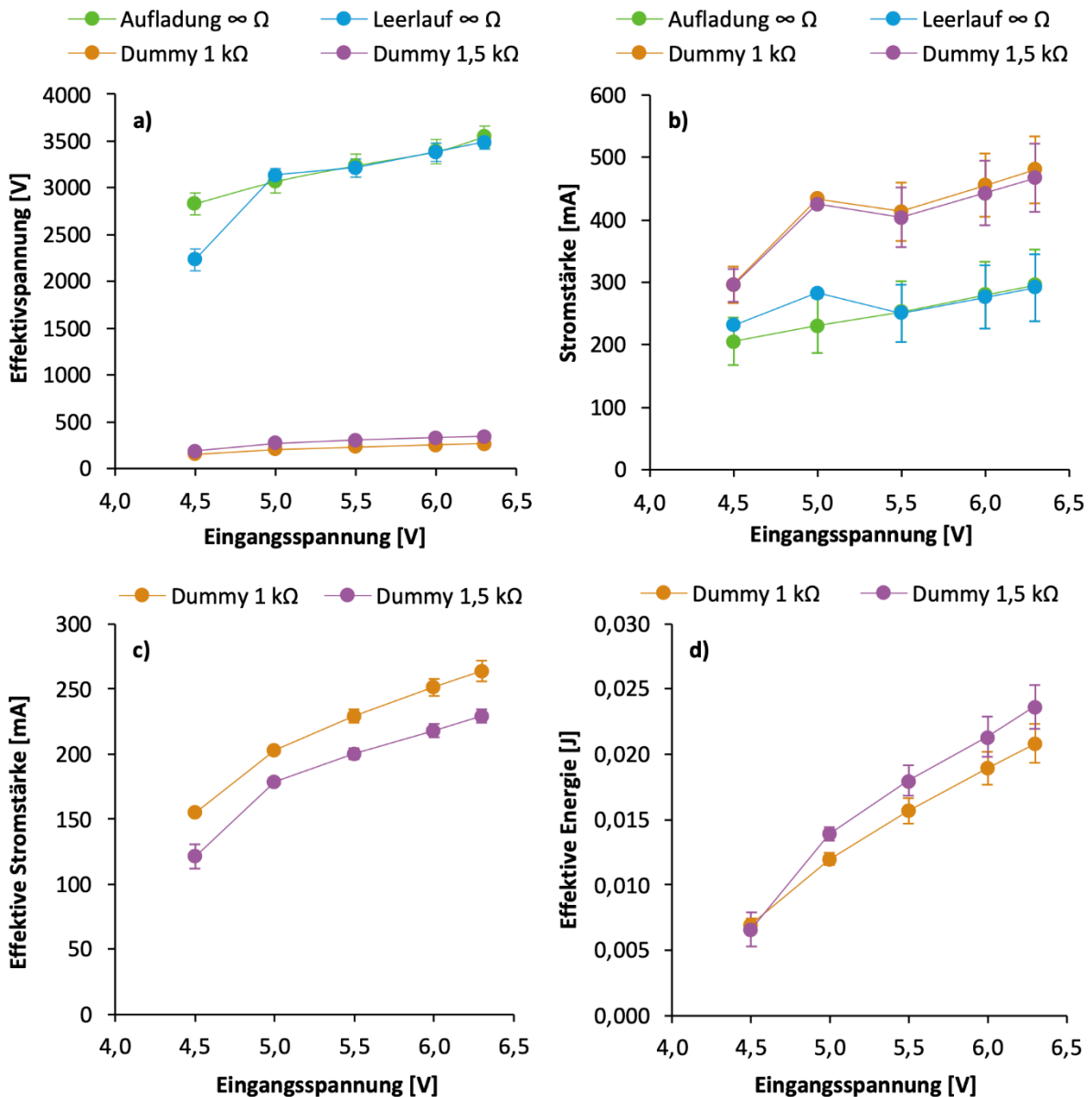
Die Stromstärke betrug beim Aufladen der Elektrofällen, bei Eingangsspannungen von 4,5 - 6,3 V, zwischen 205 ± 39 mA und 295 ± 57 mA. Während der Fallenauslösung wurden im Leerlauf Stromstärken zwischen 231 ± 4 mA und 291 ± 57 mA gemessen (Abb. 11b). Das mehrfach-fängige Modell für Hausmäuse benötigte für die Aufladung (134 ± 7 mA) und bei Auslösung im Leerlauf (150 ± 5 mA) nur eine etwa halb so große Stromstärke wie die beiden einfach-fängigen Fallen für Hausmäuse und Ratten mit 312 ± 13 mA bzw. 334 ± 18 mA.

Bei Fallenauslösung mit einem zwischengeschalteten Dummy-Widerstand von $1 \text{ k}\Omega$ lag die Stromstärke zwischen 296 ± 29 mA und 480 ± 53 mA (Abb. 11b), wobei das mehrfach-fängige Elektrofällenmodell für Hausmäuse bei Eingangsspannungen von 5,5-6,3 V etwa ein Drittel weniger Stromstärke (326 ± 12 mA) benötigte als die beiden einfach-fängigen Modelle (511 ± 13 mA). Ein zwischengeschalteter Dummy Widerstand von $1,5 \text{ k}\Omega$ resultierte in einer Stromstärke von 285 ± 27 mA bis 467 ± 27 mA (Abb. 11b).

Die effektive Stromstärke nahm mit steigender Eingangsspannung zu ($p < 0,001$). Sie steigerte sich bei Eingangsspannungen von 4,5-6,3 V um etwa das Dreifache (Abb. 11c). Die errechneten, effektiv wirksamen Stromstärken im Nagetier-Dummy lagen beim Dummy-Widerstand von $1 \text{ k}\Omega$ zwischen 155 ± 9 mA und 264 ± 8 mA, bei $1,5 \text{ k}\Omega$ zwischen 121 ± 9 mA und 229 ± 5 mA und damit um $15 \pm 2\%$ niedriger als beim Dummy-Widerstand von $1 \text{ k}\Omega$ (Abb. 11c).

Die effektive Energie stieg mit zunehmender Eingangsspannung ($p < 0,001$). Sie war bei einer Eingangsspannung von 4,5 V am niedrigsten ($p = 0,05$) und bei einer Eingangsspannung von 6,3 V am höchsten ($p < 0,05$) (Abb. 11d). Bei einem Dummy-Widerstand von $1 \text{ k}\Omega$ ($0,007 \pm 0,001 \text{ J} - 0,021 \pm 0,002 \text{ J}$) lag die effektive Energie etwa 10% unter der des Dummy-Widerstandes von $1,5 \text{ k}\Omega$ ($0,007 \pm 0,001 \text{ J} - 0,024 \pm 0,002 \text{ J}$) ($p < 0,001$). Zwischen Eingangsspannung und Widerstand bestand keine Interaktion ($p = 0,33$).

Abb. 11: Kenngrößen von Elektrofällen für Hausmäuse und Ratten



Dargestellt sind: a) Effektivspannung, b) Stromstärke, c) effektive Stromstärke und d) effektive Energie in Abhängigkeit von der Eingangsspannung zweier Hausmaus- und einer Ratten-Elektrofalle für die Aufladung der Fallen, bei Auslösung der Fallen im Leerlauf sowie bei zwischengeschalteten Widerständen zur Simulation eines gefangenen Nagetiers (Dummy). Effektive Stromstärke und effektive Energie, die beide im Körper eines gefangenen Nagetiers wirken, können nur über einen bekannten Widerstandswert berechnet werden, nicht aber für unendliche Widerstände, wie sie beim Aufladen und in der Leerlauf-Auslösung auftreten. Die Fehlerindikatoren geben den Standardfehler wieder.

Quelle: eigene Darstellung, JKI

5 Diskussion

Die Studienergebnisse liefern detaillierte Informationen über die technischen Eigenschaften einer großen Anzahl von weit verbreiteten Schlag- und Elektrofällen für Hausmäuse und kommensale Rattenarten. Dafür wurde eine Messapparatur entwickelt, um mehrere Fallenmerkmale standardisiert und replizierbar zu vermessen. Die Konstruktion des Messgeräts und die verbauten Sensoren war geeignet, die erheblichen Unterschiede zwischen Ratten- und Mäuseschlagfallen bei allen erforderlichen Parametern zu berücksichtigen. Mit dem hier entwickelten standardisierten Messaufbau konnten Elektrofällen erstmals vergleichend analysiert werden.

Die Bedienung des in dieser Studie entwickelten Geräts ist arbeitsintensiv, erfordert Expertenwissen, einige der Komponenten sind Sonderanfertigungen und einige sind kostspielig. Das Gerät bietet jedoch die Möglichkeit, den Einsatz von Tieren bei Fallentests zu minimieren, und einige der Messverfahren könnten in zukünftigen Versionen automatisiert werden.

5.1 Klassifizierung von Schlag- und Elektrofällen für Hausmäuse und Ratten

5.1.1 Charakterisierung von Schlagfallen

Handelsübliche Schlagfallen lassen sich sehr gut nach der Art des Schlagmechanismus (Fallbügel-Schlagfallen, Drehbügel-Schlagfallen) bzw. nach Art der Fallenkonstruktion und Bedienung (Klassische Schlagfallen, Moderne Schlagfallen) sowie nach der Art der Fallenauslösung (Trittauslösung, Hubauslösung, Zug/Druckauslösung) charakterisieren. Im Fachhandel und im Internet werden eine Vielzahl oft sehr ähnlich aussehender Modelle unter verschiedenen Produkt- bzw. Handelsnamen angeboten.

Schlagfallen für bestimmte Zielarten (Mäuse/Ratten) mit verschiedenen Auslösemechanismen (Tritt-, Hub-, Zug/Druckauslösung) überschneiden sich weitgehend in Auslösekraft, Impuls, Klemmkraft und Federenergie. Dies bestätigt frühere Ergebnisse für Impuls und Klemmkraft (Baker *et al.*, 2012). Ein unzureichender Impuls, eine unzureichende Klemmkraft und eine unzureichende Federkraft beeinträchtigen die Wirksamkeit der Fallen und geben Anlass zu Bedenken hinsichtlich des Tierschutzes. Die Leistung einer Elektrofalle hängt weitgehend von der auf den Zielorganismus einwirkenden Energie ab. Der Eingangsstrom und der Widerstand des Zielorganismus bestimmen die wirksame Energie.

„Klassische“ Schlagfallen sind mechanisch einfach konstruiert und kostengünstig. Sie werden vor allem von Garten-, Bau- und Supermärkten angeboten und von Privatanwendenden eingesetzt. Im Fachhandel für die professionelle Schädlingsbekämpfung spielen sie nur eine untergeordnete Rolle. Die Bezeichnung „modern“ wurde gewählt, da diese Fallen vor allem im Fachhandel angeboten und in der professionellen Schädlingsbekämpfung eingesetzt werden, meist in entsprechenden Schutzgehäusen (Fangtunnel, Köderbox). Einzelne Modelle bzw. Modellvarianten werden aber auch verstärkt im Konsumentenbereich angeboten und durch Privatpersonen eingesetzt.

5.1.2 Charakterisierung von Elektrofällen

Die Auswahl an Elektrofällen war zu Beginn des Studienzeitraumes noch gering und beschränkte sich im weitesten Sinne auf zwei Typen: ein- und mehrfach-fängige Modelle. Einfach-fängige Elektrofällen müssen nach Auslösung durch Aus- und Einschalten wieder in den Betriebszustand versetzt werden. Mehrfach-fängige Elektrofällen besitzen einen

Auffangbehälter für gefangene Tiere, so dass nach einem Fang die Fangkammer frei und die Falle wieder betriebsbereit ist.

5.2 Messvorrichtung zur Ermittlung physikalischer Kenngrößen von Schlagfallen

Die Messvorrichtung ist geeignet, alle Parameter zur Bestimmung von Impuls und Klemmkraft zu unterschiedlichen Zeitpunkten eines Auslösevorgangs zu erfassen: im statisch lastfreien Bereich vor dem Zuschlagen der Falle, in dem das System in Ruhe und der Kraftsensor unbelastet war; den Beginn des Impulses, der den Kontakt des Schlagbügels mit dem Fanghaken des Kraftsensors darstellt und der durch den Beginn des Kraftanstiegs erkennbar war; den Zeitpunkt des Abklingens der durch das Zuschlagen der Falle angeregten Schwingung sowie den statisch belasteten Bereich nach dem Zuschlagen der Falle, in dem das System wieder in Ruhe ist und der Bügel im Fanghaken liegt, wodurch eine konstante Last auf den Kraftsensor wirkt. Damit lassen sich die Berechnungen für Impuls und Klemmkraft einer Falle durchführen.

Die strukturelle Gestaltung und die Bedienung der Messapparatur inkl. der Software zur Visualisierung und Auswertung der Messdaten wurden in einer Kurzanleitung dargestellt (Anhang A.3).

Während der Versuchsmessungen der Elektrofalle zeigte sich, dass die Messgrößen im zeitlichen Verlauf nur geringen Schwankungen unterliegen. Deshalb wurde auf die hochauflösende, aufwendige Messkurvenaufzeichnung mittels Oszilloskop verzichtet und stattdessen quasistatische Messungen zu Beginn und zum Ende der Fallenauslösungen mit einem TRMS-Multimeter durchgeführt.

Das Messprotokoll für die Elektrofalle beinhaltet die Bestimmung der Form sowie die Taktfrequenz der abgegebenen Wechselhochspannung, die Störstrahlung, Ein- und Ausgangsspannung (Wechselhochspannung), Stromstärke, die Dauer der Aufladung der Elektrofalle und die Dauer der Auslöseintervalle. Daraus kann die effektive Stromstärke, die durch den Körper eines gefangenen Nagetieres fließt, berechnet werden.

5.3 Kenngrößen von Schlag- und Elektrofalle für Hausmäuse und Ratten

Alle Kenngrößen wurden planmäßig erfasst und sind in Anhang A.6 detailliert dargestellt. Dadurch stehen erstmalig umfassende Messdaten zur Einschätzung und Vergleichbarkeit unterschiedlicher Typen von Schlag- und Elektrofalle für Hausmäuse und Ratten zur Verfügung. Damit lassen sich im Kontext weiterer Daten Aussagen über die potenzielle Wirksamkeit, Aspekte des Tier- und Anwenderschutzes und in Verbindung mit Praxiserfahrungen über die Praktikabilität der Fallentypen bzgl. Anwenderschutz und Nichtzielarten machen.

Es gab nur wenige Fälle, in denen die mechanischen Parameter durch 20-maliges Auslösen von Fallen beeinflusst wurden. In den meisten Fällen waren die Unterschiede gering ($\leq 15\%$), was darauf hindeutet, dass die mechanischen Eigenschaften nach gelegentlichem Gebrauch nicht oder nur geringfügig nachlassen. Bei der Victor Kill-Vault Mausefalle (Auslösekraft neu +59%) und der Hidden Kill Mausefalle (Spannkraft neu +130%) sowie bei der SuperCat Rattenfalle PRO (Spannkraft neu -37%) waren die Unterschiede jedoch erheblich. Ein Rückgang der Kräfte erscheint plausibel und könnte auf Materialverschleiß zurückzuführen sein. Der Anstieg der Klemmkraft bei der SuperCat Rattenfalle PRO ist unerwartet und könnte durch die besonders starke Feder dieser Falle verursacht worden sein, die nach dem Auslösen ihre Position leicht

verändern könnte. Es ist anzumerken, dass der niedrigere Wert der neuen SuperCat Rattenfalle PRO höher war als die Werte mehrerer anderer neuer Rattenfallen.

Aus Wechselhochspannung, effektiver Stromstärke und der Periodendauer der Wechselhochspannung kann die auf das Tier einwirkende effektive Energie berechnet werden. Beide Größen sind, neben der Dauer der einwirkenden Kräfte, ausschlaggebend für die Wirksamkeit von Elektrofallen (IEC, 2005).

5.3.1 Messung der Kräfte von Schlagfallen

Eine hohe Auslösekraft von Ratten-Schlagfallen könnte die Auslösung durch Hausmäuse und andere kleine Säugetiere mit ähnlichem Körpergewicht einschränken. Es ist aber nicht klar, wie die Auslösekräfte mit der Wirksamkeit von Schlagfallen in Bezug auf den Fang der Zielart und die Vermeidung des Fangs von Nichtzielarten zusammenhängen. Eine hohe Auslösekraft dürfte dazu führen, dass Zieltiere einen Tritt-Auslöser erst dann auslösen, wenn sie die Falle mit dem gesamten Körper betreten. Dadurch können sich die Tiere nicht in der optimalen Position befinden und in einer nicht-vitalen Körperregion getroffen werden. Dies kann die Wirksamkeit einer Falle negativ beeinflussen.

Viele kleine Säugetierarten überschneiden sich in Körpergewicht und Größe (Aplin *et al.*, 2003). Daher scheint es unwahrscheinlich, dass die Auslösekraft genau auf eine bestimmte Zielart abgestimmt werden kann (Gurnell and Flowerdew, 1994). Wie bei Rodentiziden können die Verwendung von Abdeckungen und die Überwachung vor dem Einsatz von Fallen mit Wildtierkameras helfen, Probleme mit Nichtzielarten zu minimieren.

Die mittlere Auslösekraft der Fallen für Hausmäuse (0,15 N) war erwartungsgemäß geringer als die der Rattenfallen (0,37). Dies kann die Auslösung von Rattenfallen durch Hausmäuse und andere kleine Säugetiere mit ähnlichem Körpergewicht einschränken. Es ist nicht klar, wie die Auslösekräfte mit der Wirksamkeit von Schlagfallen beim Fang der Zielarten und dem Risiko des Fangs von Nichtzielarten zusammenhängen, aber eine zu hohe Auslösekraft schließt einige Zielnager aus, und eine zu geringe Auslösekraft (von Rattenfallen) führt zum Fang kleinerer Nichtzielarten.

Der mehr als doppelt so hohe Impuls von Rattenfallen im Vergleich zu Mäusefallen dürfte dazu führen, die im Vergleich zur Maus größeren Rattenarten schnell zu töten. Das Gleiche gilt für die höhere Klemmkraft von Rattenfallen im Vergleich zu Mäusefallen, die geeignet sein sollte, Ratten effizient zu halten und zu töten. Der mittlere Impuls der Mausefallenmodelle lag bei 0,21 Ns, aber eine Tunnel Falle mit Fallstabmechanismus (Hidden Kill Mausefalle) wich mit einem Impuls von 0,81 Ns ab, möglicherweise aufgrund ihrer einzigartigen Kombination aus Federdesign und Schlagmechanismus. Rattenfallen mit Tretauslöser hatten den niedrigsten Impuls (0,44 Ns), während die Fallenmodelle mit Push-Pull-Auslöser den höchsten (0,71 Ns) hatten. Dies könnte auf den 180°-Winkel des Schlagbügels der meisten Rattenfallen mit Zug/Druck--Auslöser zurückzuführen sein, der zu einer höheren gespeicherten Energie und damit zu einem höheren Auslöseimpuls führen kann.

Die Rangfolge von Ratten- und Mäusefallen erfolgte auf der Grundlage der Werte für Impuls, Klemmkraft und Federenergie. Dies diente dazu, Unterschiede zwischen den Fallenmodellen aufzuzeigen, kann aber nicht uneingeschränkt zur Bewertung der Qualität von Fallen im Hinblick auf die Fangeffizienz oder den Tierschutz herangezogen werden, da nicht bekannt ist, welche Bedeutung diese drei Parameter in der Praxis haben. Wenn solche Informationen verfügbar sind, dürfte ein ähnliches Rangsystem eine fundiertere Einordnung nach Fallenqualität erlauben.

Sowohl bei Mäuse- als auch bei Rattenfallen ist ein Vergleich der Wirksamkeit verschiedener Fallentypen im Tierversuch und/oder Praxiseinsatz unabdingbar, um Aussagen zu treffen, inwieweit die Variabilität von Auslösekraft, Impuls, Klemmkraft und Federenergie einzeln oder in Kombination Einfluss auf die Fallenqualität und auf Tierschutzaspekte ausüben. Detailliertere Analysen von Fallenkonstruktionen sind erforderlich, um die Auswirkungen von Unterschieden in der Konstruktion (Weg den der Auslösemechanismus zum Auslösen zurücklegen muss, Winkel, Verbindung zwischen Auslöse- und Schlagmechanismus) allein oder in Kombination auf die Auslösekraft verschiedener Fallen- und Abzugskonstruktionen zu ermitteln.

Neben den technischen Merkmalen einer Schlagfalle sind noch weitere Parameter des Fallenfangs für eine gute Wirksamkeit wichtig. Dazu gehören die Attraktivität des Köders (Hansen *et al.*, 2016), soweit dieser für die Fallenauslösung notwendig ist, die Verfügbarkeit von Hintergrundnahrung (Kaukeinen, 1994), das Verhalten der Zielart (Cowan, 1977) und der Standort der Fallen (Weihong *et al.*, 1999; Endepols *et al.*, 2003).

Unabhängig von den Fallenmerkmalen können die Positionierung von Schlagfallen sowie Maßnahmen, die Nagetiere dazu bringen, so in die Falle zu gehen, dass sie effizient und schnell getötet werden (Mason and Littin, 2003) zur Optimierung des Tierschutzes eingesetzt werden. Die Kombination von Trittauslösern mit Fallenkästen oder Fallentunneln wurde vorgeschlagen, um die Position von Kopf und Hals der Zieltiere optimal für eine effiziente Tötung zu steuern (Talling and Inglis, 2009; Schlötelburg *et al.*, 2021). So tragen Fallen-Schutzstationen dazu bei, wie zuverlässig ein Tier an der vorgesehenen Körperregion getroffen wird und verbessern dadurch Wirksamkeit und tierschutzgerechte Tötungswirkung (Geduhn *et al.*, 2022). Es besteht auch die Möglichkeit, Fallen zu konstruieren, die nur dann ausgelöst werden, wenn das Tier für den Schlag richtig positioniert ist (Talling and Inglis, 2009). Darüber hinaus können die Verwendung taxonspezifischer Köder (Schlötelburg *et al.*, 2018), optimale Fallenabstände (Bovendorp *et al.*, 2017), die Vermeidung von Standorten, die häufig von Nichtzielarten, wie z.B. Vögeln, genutzt werden, und Fallenabdeckungen (Lane *et al.*, 2010) Nichtzielarten fernzuhalten. Auch der Arbeitsschutz sollte, so wie bei der Anwendung von Rodentiziden, bedacht werden, wenn Impuls und Klemmkraft von Schlagfallen besonders hoch sind.

5.3.2 Messung der Kräfte von Elektrofallen

Zu Elektrofallen zum Fang von kommensalen Schadnagen existieren kaum Publikationen, die auf systematisch erhobenen Daten basieren. Ausgehend von Daten aus der Risikobewertung beim Menschen verursacht ein Strom von 30-50 mA Kammerflimmern (Leibovici *et al.*, 1995) was mit den geprüften Fallen übertroffen wird. Zwei Fallenmodelle wurden in einer anderen Studie getestet und erfüllten die im NoCheRo-Leitfaden (Schlötelburg *et al.*, 2021) für Schlagfallen definierten Zeitintervalle für eine schnelle Tötung der Tiere (Geduhn *et al.*, 2022). Daraus wurde geschlussfolgert, dass Elektrofallen zum Töten kommensaler Nager verlässlicher als Schlagfallen sein können, bei denen eine hohe Variabilität in der Wirksamkeit der Tötungswirkung zu finden ist (Geduhn *et al.*, 2022).

Grundlegend für die zuverlässige und tierschutzgerechte Wirksamkeit von Elektrofallen ist die Leistungsfähigkeit der verbauten elektronischen Komponenten. Sie sollten genügend Reserven für den Aufbau und die Abgabe einer stabilen Wechselhochspannung über die Dauer einer Fallenauslösung besitzen. Welche Leistungsreserven Fallenelektroniken haben, kann z.B. durch den Vergleich der Nominal-Messwerte bei Fallenaufladung und Leerauslösung (Leerlauf) mit den Messwerten bei zwischengeschalteten Widerständen, die Nagetiere simulieren, eingeschätzt werden. In dieser Studie zeigte sich, dass die Elektronik der getesteten Fallen bei Aufladung und im Leerlauf ausreichende „Spannungsmengen“ (=Stromstärke) transportieren und in stabile

Wechselhochspannungen wandeln konnte. Wurde im Auslösevorgang ein elektrischer Widerstand als Simulation für ein auslösendes Nagetier zwischengeschaltet, sank die abgegebene Wechselhochspannung jedoch erheblich ab. Das verdeutlicht, dass die in den Fallen verbauten elektronischen Komponenten geringe Leistungsreserven besaßen. Bei Fallenauslösung erzeugten die dazwischen geschalteten „Nagetier-Dummys“ eine derart hohe „Spannungs-Flussmenge“ (=Stromstärke), dass aus der Spannungsquelle nicht genügend Gleichspannung nachfließen konnte, um weiter die initiale Wechselhochspannung aufzubauen. Für ein real gefangenes Nagetier kann das unter Umständen bedeuten, dass die Stromstöße über die Dauer der Fallenauslösung nicht zum sofortigen Tod, sondern erst zu Gewebeschäden führen, in deren Folge der Tod zu einem späteren Zeitpunkt eintreten kann.

Unabhängig von den technischen Merkmalen von Elektrofallen dürften wie bei den Schlagfallen die Positionierung (Talling and Inglis, 2009), ggf. Beköderung (Schlötelburg *et al.*, 2018), optimale Fallenabstände (Bovendorp *et al.*, 2017) und die Vermeidung von Standorten, die häufig von Nichtzielarten genutzt werden sowie Fallenabdeckungen (Lane *et al.*, 2010) zur Optimierung des Fangerfolgs und des Tierschutzes eingesetzt werden. Die Zugänglichkeit der Stromführenden Teile muss nicht nur für Anwendenden, sondern auch für andere Personen und Nichtzieltiere ausgeschlossen sein.

Aus den hier erhobenen Daten allein können keine Schlussfolgerungen zu Wirksamkeit und zu Tierschutzfragen bei der praktischen Anwendung von Elektrofallen gezogen werden. Wie bei den Schlagfallen wäre dazu eine Verknüpfung der Informationen zu Effektivspannung Stromstärke, Effektivstromstärke und effektiver Energie mit Ergebnissen empirischer Anwendungsdaten – z.B. aus (Geduhn *et al.*, 2022) und aus der Praxis erforderlich. Dadurch wäre es möglich, Schwellenwerte zu ermitteln, die es erlauben, zukünftig Fallen einer ersten Einschätzung ohne Tierversuch zu unterziehen.

5.4 Schlussfolgerungen

Sowohl Ratten- als auch Mäusefallen wiesen in ihren technischen Charakteristiken Variabilität auf, die sich auf Wirksamkeit und Tierschutz auswirken dürften.

Der umfassende Datensatz, den diese Studie für verschiedene Arten von Schlagfallen und elektronischen Fallen für Hausmäuse und Ratten liefert, sollte mit bestehenden quantitativen Informationen aus Tierversuchen verknüpft werden. Solche Daten sind aus Fallentests nach dem deutschen Infektionsschutzgesetz und möglicherweise auch aus anderen nationalen Fallenbewertungsprogrammen verfügbar (Littin *et al.*, 2014; Geduhn *et al.*, 2022). So könnte nicht nur die Wirksamkeit, sondern auch Tierschutzaspekte mit den technischen Falldata verbunden werden. Beide Aspekte sind für die Qualität der Fallen relevant.

Vier der hier betrachteten Hausmausfallen und eine Rattenfalle haben die Prüfung nach der NoCheRo-Leitlinie zur freiwilligen Listung von Fallen nach dem Infektionsschutzgesetz bestanden (<https://www.umweltbundesamt.de/dokument/liste-ss-18-infektionsschutzgesetz>). Angesichts der großen Vielfalt an Fallenmodellen und Auslösetypen sind weitere derartige Tests erforderlich, die zu öffentlich zugänglichen Daten führen. Dies würde es mindestens initial ohne die Verwendung von Tieren ermöglichen, Schwellenwerte für die Wirksamkeit und Tierschutzfragen zu ermitteln, die in praktische Empfehlungen und künftige Testverfahren einfließen könnten. Solche Verfahren werden als erforderlich angesehen und sollen entwickelt werden (Baker, 2017; Schlötelburg *et al.*, 2021; Beausoleil *et al.*, 2022; Geduhn *et al.*, 2022). Daher kann diese Studie zu einer gründlicheren Einschätzung von Fallen beitragen, um Fallen zu identifizieren, die eine tierschutzfreundliche Option zur Tötung kommensaler Nagetiere darstellen (Baker *et al.*, 2022) und gleichzeitig ein effektives Management von Schadnagern gewährleisten.

6 Quellenverzeichnis

- Aplin, K.A.; Brown, P.R.; Jacob, J.; Krebs, C.J.; Singleton, G.R. 2003: Field methods for rodent studies in Asia and the Indo-Pacific. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, pp. 1-223. DOI: [10.22004/ag.econ.114053](https://doi.org/10.22004/ag.econ.114053)
- Baker, S. 2017: A voluntary trap approval scheme to end trap welfare inequality in the UK. In: Animal Welfare 26, 131-133. Link: <https://www.cambridge.org/core/journals/animal-welfare/article/abs/voluntary-trap-approval-scheme-to-end-trap-welfare-inequality-in-the-uk/A62015412DAFACCC01E659684B1673BF>
- Baker, S.; Macdonald, D.W.; Ellwood, S.A. 2017: Double standards in spring trap welfare: ending inequality for rats (Rodentia: Muridae), mice (Rodentia: Muridae) and moles (Insectivora: Talpidae) in the United Kingdom. In: Matthew P. Davies, C.P., and William H Robinson (editors) (Ed.) In: Proceedings of the Ninth International Conference on Urban Pests. 9th. Birmingham, pp. 9-12. Link: <https://www.icup.org.uk/media/jgagrsvn/icup1196.pdf>
- Baker, S.; Shaw, R.; Atkinson, R.; West, P.; Macdonald, D. 2015: Potential welfare impacts of kill-trapping European moles (*Talpa europaea*) using scissor traps and Duffus traps: a post mortem examination study. Animal Welfare 24, 1-14. DOI: <https://doi.org/10.7120/09627286.24.1.001>
- Baker, S.E.; Ayers, M.; Beausoleil, N.J.; Belmain, S.R.; Berdoy, M.; Buckle, A.P.; Cagienard, C.; Cowan, D.; Fearn-Daglish, J.; Goddard, P.; Gollidge, H.D.R.; Mullineaux, E., Sharp, T.; Simmons, A.; Schmolz, E. 2022: An assessment of animal welfare impacts in wild Norway rat (*Rattus norvegicus*) management. In: Animal Welfare 31, 51-68. DOI: <https://doi.org/10.7120/09627286.31.1.005>
- Baker, S.E.; Ellwood, S.A.; Tagarielli, V.L.; Macdonald, D.W. 2012: Mechanical performance of rat, mouse and mole spring traps, and possible implications for welfare performance. In: PLoS ONE 7, e39334. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039334>
- Beausoleil, N.J.; Baker, S.E.; Sharp, T. 2022: Scientific assessment of the welfare of trapped mammals—key considerations for the use of the Sharp and Saunders Humaneness Assessment Model. In: Animals 12:402. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12030402>
- Bovendorp, R.S.; McCleery, R.A.; Galetti, M. 2017: Optimising sampling methods for small mammal communities in neotropical rainforests. In: Mammal Review 47, 148-158. DOI: <https://doi.org/10.1111/mam.12088>
- Cowan, P.E. 1977: Neophobia and neophilia - new-object and new-place reactions of 3 *Rattus* species. In: Journal of Comparative and Physiological Psychology 91, 63-71. DOI: <https://doi.org/10.1037/h0077297>
- Endepols, S.; Klemann, N.; Pelz, H.J.; Ziebell, K.L. 2003: A scheme for the placement of rodenticide baits for rat eradication on confinement livestock farms. In: Preventive Veterinary Medicine 58, 115-123. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(03\)00024-2](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(03)00024-2)
- Geduhn, A.; Schlötelburg, A.; Kalle, A.; Fleischer, S.; Dymke, D.; Schmolz, E. 2022: Testing animal welfare of house mouse (*Mus musculus*) snap and electrocution traps. In: Proulx, G. (Ed.), Mammal Trapping - Wildlife Management, Animal Welfare & International Standards. In: Alpha Wildlife Publications, Alberta, Canada, pp. 69-80. Link: https://www.researchgate.net/profile/Annika-Schloetelburg/publication/363679581_Testing_Animal_Welfare_of_House_Mouse_Mus_musculus_Snap_and_Electrocution_Traps/links/6329ba04071ea12e364a4616/Testing-Animal-Welfare-of-House-Mouse-Mus-musculus-Snap-and-Electrocution-Traps.pdf
- Grimnes, S. 1983: Dielectric breakdown of human skin in vivo. In: Medical and Biological Engineering and Computing 21, 379-381. DOI: [10.1007/BF02478510](https://doi.org/10.1007/BF02478510)

Gurnell, J.; Flowerdew, J.R. 1994: Live Trapping Small Mammals - A Practical Guide. The Mammal Society, London, pp 1-48. Link: <https://www.mammal.org.uk/wp-content/uploads/2019/07/Trapping-Guide-Additional-Information-2019.pdf>

Hansen, S.C.; Stolter, C.; Imholt, C.; Jacob, J. 2016: Plant secondary metabolites as rodent repellents: a systematic review. In: Journal of Chemical Ecology, 42, 970-983. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10886-016-0760-5>

IEC, T. 2005: 60479-1. Effects of current on human beings and livestock–Part 1: General aspects. International Electrotechnical Commission, Geneva, pp 1-72. Link: <https://webstore.iec.ch/publication/62980>

Iossa, G.; Soulsbury, C.D.; Harris, S. 2007: Mammal trapping: a review of animal welfare standards of killing and restraining traps. In: Animal Welfare Trapping Paper 16, 335-352. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0962728600027159>

ISO, 1999: ISO 10990-4: Animal (mammal) traps - part 4: methods for testing killing-trap systems used on land or underwater. International Organization for Standardization, Geneva, p. 1-22. Link: <https://www.iso.org/standard/26355.html>

Jacob, J.; Buckle, A. 2018: Use of anticoagulant rodenticides in different applications around the world. In: van den Brink, N.W.; Elliott, J.E.; Shore, R.F.; Rattner, B.A. (Eds.), Anticoagulant Rodenticides and Wildlife. Springer, Cham, pp. 11-43. Link: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-64377-9_2

Jeske, K.; Tomaso, H.; Imholt, C.; Schulz, J.; Beerli, O.; Suchomel, J.; Heroldova, M.; Jacob, J.; Staubach, C.; Ulrich, R.G. 2018: Detection of *Francisella tularensis* in three vole species in Central Europe. In: Transboundary and Emerging Diseases, 66, 1029-1032. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.13078>

Kaukeinen, D. 1994: Rodent control in practice: housekeepers, pest control operators and municipal authorities. In: Buckle, A.P., Smith, R.H. (Eds.), Rodent pests and their control. CAB International, Wallingford, UK, pp. 249-271. Link: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19960500144>

Lane, V.R.; Miller, K.V.; Castleberry, S.B.; Miller, D.A.; Wigley, T.B. 2010: Methods to reduce avian bycatch in small mammal studies using snap traps. In: Journal of Wildlife Management 74, 595-599. DOI: <https://doi.org/10.2193/2009-195>

Leibovici, D.; Shemer, J.; Shapira, S.; 1995: Electrical injuries: current concepts. In: Injury 26, 623-627. DOI: [https://doi.org/10.1016/0020-1383\(95\)00130-2](https://doi.org/10.1016/0020-1383(95)00130-2)

Littin, K.; Fisher, P.; Beausoleil, N.J.; Sharp, T. 2014: Welfare aspects of vertebrate pest control and culling: ranking control techniques for humaneness. In: Revue Scientifique Et Technique-Office International Des Epizooties 33, 281-289. DOI: <https://doi.org/10.20506/rst.33.1.2281>

Mason, G.; Littin, K.E.; 2003: The humaneness of rodent pest control. In: Animal Welfare 12, 1-37. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0962728600025355>

Meerburg, B.G.; Brom, F.W.; Kijlstra, A.; 2008: The ethics of rodent control. In: Pest Management Science 64, 1205-1211. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.1623>

Nau, L.H.; Emirhar, D.; Obiegala, A.; Mylius, M.; Runge, M.; Jacob, J.; Bier, N.; Nöckler, K.; Imholt, C.; Below, D.; Princk, C.; Dreesman, J.; Ulrich, R.G.; Pfeffer, M.; Mayer-Scholl, A. 2019: Leptospirose in Deutschland: Aktuelle Erkenntnisse zu Erregerspezies, Reservoirwirten und Erkrankungen bei Mensch und Tier. In: Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 62, 1510–1521. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00103-019-03051-4>

Reil, D.; Binder, F.; Freise, J.; Imholt, C.; Beyrer, K.; Jacob, C.; Krüger, D.H.; Hofmann, J.; Dreesman, J.; Ulrich, R.G. 2018: Hantaviren in Deutschland: Aktuelle Erkenntnisse zu Erreger, Reservoir, Verbreitung und

Prognosemodellen. In: Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift, 131, 453-464. DOI: [10.2376/0005-9366-18003](https://doi.org/10.2376/0005-9366-18003)

Schlötelburg, A.; Baker, S.; Martenson, N.; Le Laidier, G.; Urzinger, M.; Klute, O.; Schröer, D.; Brigham, A.; Puschmann, M. 2021: NoCheRo-Guidance for the evaluation of rodent traps - part a break back/snap traps. In: German Environment Agency (Ed.), Texte. German Environment Agency, Dessau-Roßlau, pp. 1-46. Link: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/nochero-guidance-for-the-evaluation-of-rodent-traps>

Schlötelburg, A.; Jakob, G.; Bellingrath-Kimura, S.; Jacob, J. 2018: Natural bait additives improve trapping success of common voles, *Microtus arvalis*. In: Applied Animal Behaviour Science 208, 75-81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.08.013>

Smit, F. 2015: Ethics in rodent control. In: Buckle, A.P., Smith, R.H. (Eds.), Rodent pests and their control. CABI, UK, p. 1-315. DOI: [10.1079/9781845938178.0315](https://doi.org/10.1079/9781845938178.0315)

Talling, J.C.; Inglis, I.R. 2009: Humane Trapping Standards - Description of the State of the Art of Research, Science and Application of Humane Trapping Standards Referred to in the "Agreement on International Humane Trapping Standards" (AIHTS) and Described in Commission Proposal COM (2004) 532 Final, in View of Identifying the Trapping Standards which Reduce Unnecessary Pain, Distress and Suffering of Trapped Animals as Much as Technically Possible. Food and Environment Research Agency, pp 1-361. Link: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=44cc432b6a1c30c94d61ff8acebe5232e8e59509>

UBA 2019: EU workshop on non-chemical alternatives for rodent control (NoCheRo) - report to the NoCheRo workshop (Brussels, 20-21 November 2018). UBA, Dessau-Roßlau, pp 1-50. Link: <https://katalog.ub.tu-freiberg.de/Record/0-180754544X>

Ulrich, R.G.; Heckel, G.; Pelz, H.J.; Wieler, L.H.; Nordhoff, M.; Dobler, G.; Freise, J.; Matuschka, F.R.; Jacob, J.; Schmidt-Chanasit, J.; Gerstengarbe, H.W.; Jäkel, T.; Süss, J.; Ehlers, B.; Nitsche, A.; Kallies, R.; Johne, R.; Günther, S.; Henning, K.; Grunow, R.; Wenk, M.; Maul, L.C.; Hunfeld, K.-P.; Wölfel, R.; Schares, G.; Scholz, H.C.; Brockman, S.O.; Pfeffer, M.; Essbauer, S.S. 2009: Nagetiere und nagetierassoziierte Krankheitserreger. In: Bundesgesundheitsblatt 52, 352-369. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00103-009-0798-4>

European Union 1998: Agreement on international humane trapping standards between the European Community, Canada and the Russian Federation. In: Official Journal of the European Communities 41, 1-64. Link: <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/intlm37&div=59&id=&page=>

Urzinger, M. 2018: Ergebnisse der technischen Prüfung und Praxiserprobung von derzeit kommerziell verfügbaren Maulwurffallen. In: Journal für Kulturpflanzen 70, 71-72. Link: https://phytomedizin.org/fileadmin/documents/Ak/09_Wirbeltiere/Doku/0294-ib-ak-2017-wt-0.pdf

Weihong, J.; Veitch, C.R.; Craig, J.L. 1999: An evaluation of the efficiency of rodent trapping methods: the effect of trap arrangement, cover type, and bait. In: New Zealand Journal of Ecology 23, 45-51. Link: <https://newzealandecology.org/nzje/2058.pdf>

A Anhang

A.1 Vergleich der Referenz-Schlagfallen für Ratten und Hausmäuse mit bauähnlichen Schlagfallen (Duplikat-Schlagfallen)

A.1.1 Einleitung

Am Markt werden oft scheinbar identische oder sich stark ähnelnde Schlagfallenmodelle von verschiedenen Anbietern und mit unterschiedlichen Produktnamen angeboten. Dabei ist unklar, ob das jeweilige Schlagfallenmodell von einer Hersteller-Firma stammt und unter verschiedenen Produktnamen vertrieben wird oder ob dasselbe Schlagfallenmodell von unterschiedlichen Firmen produziert wird. Im Rahmen des Vorhabens sollte deshalb untersucht werden, wie stark sich technisch nahezu identische aber unter verschiedenen Produktnamen vertriebene Schlagfallenmodelle hinsichtlich der physikalischen Parameter voneinander unterscheiden.

A.1.2 Material und Methoden

Zu drei Referenz-Schlagfallenmodellen für Hausmäuse und zwei für Ratten (siehe Kap. 3.1.1) wurden sieben Maus- und sechs Ratten-Schlagfallenmodelle ausgesucht, die den Referenzmodellen sehr ähnlich sahen bzw. baugleich zu diesen waren (Duplikatmodelle). Von den Duplikatmodellen wurden im Oktober 2021 je zwei Fallen im deutschen Fachhandel beschafft und mit der entwickelten Messapparatur (siehe Kap. 3.2) auf Abweichungen ihrer physikalischen Kenngrößen zu den Referenzmodellen untersucht. Die Messungen liefen nach dem gleichen Schema und unter denselben Bedingungen wie für die Referenzmodelle ab (siehe Kap. 3.3.1 und 3.3.2). Für Mittelwertvergleiche wurden nur die Messergebnisse der jeweils ersten beiden Fallen eines Referenzfallenmodells herangezogen. Die Messergebnisse der Referenzfallen und der Duplikatfallen wurden jeweils zu einem Mittelwert zusammengefasst (gepoolt).

A.1.3 Ergebnisse

Vergleich der Bauart und Maße von Referenz- und Duplikatfallen für Hausmäuse und Ratten

Alle Duplikatfallen für Hausmaus und Ratten waren moderner Bauart mit einem Grundkörper und einer Auslösemechanik aus Kunststoff sowie einem Drehbügel aus Metall als Schlagelement. Alle Duplikatfallen besaßen einen Trittauslöser (vgl. Kap. 4.1.1, (Abb. 5)). Die sieben Duplikatfallen für Hausmäuse waren in ihren Abmaßen im Mittel um $2,2 \times 1,2 \times 2,1$ mm ($\pm 0,4 \times 0,5 \times 0,5$ mm) größer als die entsprechenden drei Referenzfallen-Modelle. Das Gewicht der Duplikatfallen lag im Durchschnitt $5,5$ g ($\pm 2,4$ g) über dem der Referenz-Hausmausfallen. Die sechs Duplikatfallen für Ratten waren im Durchschnitt $0,1 \times 0,2 \times 0,3$ mm ($\pm 0,14 \times 0,12 \times 0,02$ mm) größer und $4,3$ g ($\pm 1,2$ g) schwerer als die beiden Referenz-Rattenfallenmodelle.

Vergleich physikalischer Parameter von Referenz- und Duplikatfallen für Hausmäuse und Ratten

Auslösekraft: Die Auslösekraft der sieben untersuchten Hausmaus-Duplikatfallenmodelle lag zwischen 0,06 N („Cumarax Mausefalle“) und 0,36 N („nagtag Schlagfalle Maus“). Die mittlere Auslösekraft der Duplikatfallenmodelle betrug $0,15 \pm 0,05$ N. Sie lösten um $0,03 \pm 0,04$ N leichter aus als die entsprechenden Referenzfallen. Die Duplikatfallenmodelle für Ratten wiesen eine Auslösekraft von $0,34 \pm 0,05$ N auf. Sie war um $0,02 \pm 0,03$ N höher als bei den beiden Referenzfallenmodellen. Am leichtesten löste die „Florissa Quick-Klick Rattenfalle“ (0,23 N) aus, am schwersten die „nagtag Schlagfalle Ratte“.

Impuls: Der Impuls der sieben Hausmaus-Duplikatfallenmodelle lag mit $0,35 \pm 0,04$ Ns um $0,06 \pm 0,07$ Ns über dem Impuls der drei Referenzfallenmodelle. Den höchsten Impuls besaß die „EPM Schlagfalle Maus V2“ (0,55 N), den niedrigsten Impuls die „Gartenmeister Mausefalle“ (0,22 N). Bei den Rattenfallen lag der Impuls der sechs Duplikatfallenmodelle mit $0,71 \pm 0,08$ Ns 34% über dem Impuls der beiden Referenzfallenmodelle mit $0,53 \pm 0,09$ Ns. Den niedrigsten Impuls wies die „Sugan Rattenfalle“ (0,50 N) auf, den höchsten die „Florissa Quick Klick Rattenfalle“ (1,08 Ns).

Klemmkraft: Die Klemmkraft der Hausmaus-Duplikatfallenmodelle lag zwischen 5,27 N („Gartenmeister Mausefalle“) und 10,57 N („nagtag Schlagfalle Maus“), im Mittel bei $7,17 \pm 0,7$ N. Die Klemmkraft der Duplikatfallenmodelle lag $0,35 \pm 0,6$ Ns über dem der Referenzfallenmodelle. Die Ratten-Duplikatfallenmodelle wiesen eine um $0,67 \pm 0,5$ N geringere Klemmkraft auf als die beiden entsprechenden Referenzfallenmodelle. Die geringste Klemmkraft besaß die „nagtag Schlagfalle Ratte“ (10,99 N), die höchste die „Celaflor Rattenfalle“ (19,77 N).

Federenergie: Die sieben Duplikatfallenmodelle für Hausmause zeigten mit $0,46 \pm 0,06$ J eine um $0,21 \pm 0,08$ J niedrigere Federenergie als die drei zugehörigen Referenzfallenmodelle. Die geringste Federenergie wies die „Cumarax Mausefalle“ (0,22 N) auf, die höchste die „nagtag Schlagfalle Maus“ (0,68 N). Bei den Rattenfallen lag die Federenergie der Duplikatfallenmodelle ($2,25 \pm 0,14$ J) $0,04 \pm 0,003$ J über der der Referenzfallenmodelle ($2,26 \pm 0,05$ J). Die höchste Federenergie besaß die „Celaflor Rattenfalle“ (2,76 J), die niedrigste die „Victor Powerkill Rattenfalle“ (1,90 J).

A.1.4 Schlussfolgerungen

Die Messwerte für Auslösekraft, Impuls, Klemmkraft und Federenergie wiesen zwischen den ausgewählten Duplikatfallen für ein Referenzfallenmodell sowohl bei den Hausmausfallen als auch bei den Rattenfallen eine große Streubreite auf. Die mittleren Abweichungen zwischen den Duplikatfallenmodellen und ihren Referenzfallenmodellen waren jedoch gering. In der Praxis kann man deshalb davon ausgehen, dass die Werte der physikalischen Parameter von Referenzfallenmodellen auch in etwa von baugleichen oder stark ähnelnden Duplikatfallenmodellen erreicht werden. Die Streuung der Messwerte zwischen baugleichen oder sich stark ähnelnden Duplikatfallenmodellen zeigt aber, dass auf dieser Ebene mitunter erhebliche Unterschiede auftreten können, wobei vorerst unklar bleibt, ob es sich um Toleranzen zwischen verschiedenen Chargen einer Hersteller-Firma bzw. eines Herstellungsprozesses oder um Abweichungen zwischen den Herstellungsprozessen verschiedener Hersteller-Firmen handelt oder welchen Effekt minimale Änderungen im Fallenaufbau (z.B. Änderung von Abmaßen oder mechanischen Komponenten, Abweichung bei verwendeten Materialien) haben. Solange keine validen Erkenntnisse zu diesen möglichen Unterschieden oder umfangreichere Datensätze zum Vergleich von Referenz- und Duplikatfallenmodellen vorliegen, sollten die Messwerte eines Fallenmodells

nicht pauschal auf baugleiche oder bauähnliche Modelle projiziert werden. Im Hinblick auf den Tierschutz und die Funktionssicherheit sollte vorerst jedes Fallenmodell, das einen Zertifizierungsprozess durchläuft (Schlötelburg *et al.*, 2021), entsprechend vermessen und getestet werden.

A.2 Vorrichtung zur Charakterisierung von Schlagfallen auf der Grundlage physikalischer Größen

Die Bedienungsanleitung liegt dem Geldgeber als separate Datei vor.

A.3 Messvorrichtung zur Charakterisierung von Schlagfallen auf Grundlage von objektiv messbaren physikalischen Größen – Kurzanleitung Messung und Auswertung

A.3.1 Messung

Messung von Drehmoment und Winkel

Aufbau

- ▶ Falle festspannen, beachten, dass Drehachse der Falle möglichst nah an Sensorachse liegt
- ▶ Neigungssensor mit passendem Gummiband an Schlagbügel klemmen

PicoScope Messsoftware

- ▶ Kanäle B und D
- ▶ Kanal B (Rot):
- ▶ Sonde: „Drehmomentsensor 20 Nm“ auswählen
- ▶ Filter aktivieren (100Hz)
- ▶ Messbereich +/- 22 Nm
- ▶ Erfassungszeit 5s/div
- ▶ Abtastungen 1MS
- ▶ Messwertauflösung 14 Bit
- ▶ Kanal D (Gelb):
- ▶ Sonde: Neigungssensor auswählen
- ▶ Messbereich zuerst +/-360°, danach Nullabgleich durchführen und Messbereich ggf. auf +/- 180° einstellen
- ▶ Nullabgleich für beide Sensoren unmittelbar vor der Messung durchführen
- ▶ Messung starten, Schlagbügel langsam öffnen und schließen, darauf achten, dass der Bügel nicht an den Anschlag gedrückt wird. Es soll nur die Federkraft gemessen werden, keine zusätzliche Andrückkraft.
- ▶ Messung beenden und speichern als .psdata-Datei (oder .csv-Datei)

Messung der Auslösekraft

Aufbau

- ▶ Falle festspannen
- ▶ Mikrofon ausrichten (nah an Auslösebereich)
- ▶ Faden in entsprechender Länge klemmen, damit die Falle nicht zuschlagen kann

PicoScope Messsoftware


- ▶ Messkanal A (Blau)
- ▶ Sonde: „Messtaster 0,5 N“ auswählen
- ▶ Filter aktivieren (100 Hz) (ggf. am Ende der Einstellungen vornehmen)
- ▶ Messbereichsanzeige +/- 2N (bzw. +/- 1N)
- ▶ Erfassungszeit 500ms/div
- ▶ Anzahl der Abtastungen 100kS
- ▶ Messwertauflösung 14 Bit
- ▶ Digitale Kanäle: Kanal D0 auswählen, (Bezeichnung ggf. zu „Mikrofon“ ändern), Schwellenwert auf 1V setzen
- ▶ Triggereinstellungen:
 - Einzeln
 - Digitalkanal -> Mikrofon auswählen
 - Ansteigende Flanke \uparrow als Trigger wählen, dann digitalen Kanal D7 abwählen
 - Pretrigger 80%
- ▶ Nullabgleich durchführen (Sensor dabei möglichst ruhig und gerade in der Hand halten, parallel zum Boden bzw. in Auslöserichtung)
- ▶ Messung starten, bis zum Triggerpunkt laufen lassen, dann Falle mit Messtaster auslösen (langsam und gleichmäßig)
- ▶ Messung wird durch ausgelösten Trigger automatisch beendet
- ▶ Messung speichern als .psdata-Datei (oder .csv-Datei)

Messung von Impuls und Haltekraft

Aufbau

- ▶ Falle festspannen
- ▶ Sandkiste Ausrichten
- ▶ Blechbügel aufsetzen, unten die Klemmung anbringen
- ▶ Fadenlänge so einstellen, dass die Falle nicht zuschlagen kann
- ▶ Haken so ausrichten, dass der zufallende Bügel ihn nicht wegschlägt, sondern darin zu liegen kommt

PicoScope Messsoftware

- ▶ Kanal C (Grün)
- ▶ Sonde: „Kraftsensor 200 N“ auswählen
- ▶ Filter aktivieren (200 Hz)
- ▶ Messbereich: +/- 200 N
- ▶ Erfassungszeit: 2s/div
- ▶ Anzahl Abtastungen: 100kS
- ▶ Messwertauflösung: 14 Bit
- ▶ Triggereinstellungen:
 - Einzeln
 - Kanal C, ansteigende Flanke  als Trigger wählen
 - Schwellwert 5 N
 - Pretrigger 20%
- ▶ Nullabgleich durchführen (unmittelbar vor der Messung, wenn die Vorrichtung komplett aufgebaut ist)
- ▶ Messung starten, bis zum Triggerpunkt laufen lassen, wird automatisch durch die Triggerung beendet
- ▶ Messung speichern als .psdata-Datei (oder .csv-Datei)

A.3.2 Auswertung

- ▶ PicoScope und PicoPulse Software starten
- ▶ Zuerst eine Datenbank anlegen, in der alle Fallen mit ihren Messergebnissen abgelegt werden sollen
- ▶ Prüfteile können jetzt schon alle angelegt werden oder zum Zeitpunkt ihrer Datenauswertung
- ▶ Empfehlung: nach jeder Auswertung nicht nur das Ergebnis in die Datenbank übernehmen, sondern auch die Auswertedatei speichern, um die Auswerteparameter später nachvollziehbar zu machen
- ▶ Empfehlung: jede Falle mindestens 5x messen und Mittelwert verwenden (evtl. Streuung ermitteln)
- ▶ Über das Menü Datenbank -> Messdaten erreicht man die Datenbank
- ▶ Einträge können einzeln oder als ganze Datenbank in Excel exportiert werden

Auswertung von Drehmoment und Winkel

- ▶ Starten der PicoScope Software und der PicoPulse Auswertesoftware
- ▶ Menü Datei -> Datenimport -> Datei auswählen
- ▶ Kanal B: Filter: Frequenz auf 25Hz setzen, Haken setzen
- ▶ Kanal D: Filter: Frequenz auf 25Hz setzen, Haken setzen
- ▶ Rechts den Winkel-kanal (D) und den Drehmomentkanal (B) definieren
- ▶ Button „Statische Kennlinie auswerten“ anklicken
- ▶ Statischer lastfreier Bereich muss definiert werden
- ▶ „von“ = Beginn der Datenaufzeichnung“
- ▶ „bis“ = Unmittelbar vor dem Anstieg der Drehmomentkurve
- ▶ Ergebnisse sind in den grün unterlegten Feldern ablesbar
- ▶ Ergebnis in Datenbank übernehmen

Auswertung der Auslösekraft

- ▶ Start der PicoScope Software und der PicoPulse Auswertesoftware
- ▶ Menü Datei -> Datenimport -> Datei auswählen
- ▶ Filter: Frequenz auf 100Hz setzen, Haken setzen
- ▶ Rechts den Button „Auslösekraft bestimmen“ anklicken
- ▶ Statisch lastfreier Bereich muss festgelegt werden:
- ▶ „von“ = Start der Datenaufzeichnung
- ▶ „bis“ = Zeitpunkt unmittelbar vor Kraftanstieg durch Tasterkontakt
- ▶ „Typ“ muss als Min (bei Druck auf Fallenauslöser nach unten) oder Max (bei Hub des Fallenauslösers nach oben) festgelegt werden. Dementsprechend wird bei negativer Kraft (Druck) ein Minimum gesucht, bei positiver Kraft (Anheben) ein Maximum
- ▶ Ergebnis ist im Grün unterlegten Feld ablesbar
- ▶ Ergebnis in Datenbank übernehmen (unten)

Auswertung von Impuls und Haltekraft

- ▶ Start der PicoScope Software und der PicoPulse Auswertesoftware
- ▶ Menü Datei -> Datenimport -> Datei auswählen
- ▶ Filter: Frequenz auf 200Hz setzen, Haken setzen
- ▶ Y-Achse so skalieren (über Max- und Min-Werte auf der rechten Seite), dass das Ende des Impulses erkennbar ist
- ▶ Rechts den Button „Impuls Auswerten“ anklicken
- ▶ Statischer Lastfreier Bereich muss festgelegt werden:
- ▶ „von“ = Beginn der Datenaufzeichnung
- ▶ „bis“ = kurz vor Kraftanstieg
- ▶ „Impulsbeginn ab“ = Unmittelbar vor Anstieg der Kraftkurve
- ▶ Um diese Bereiche besser ablesen zu können, wird mit dem Schieberegler (schraffierter Balken über dem Diagramm) die Zeitachse skaliert und der skalierte Bereich verschoben
- ▶ „Statischer belasteter Bereich“:
- ▶ Zuerst im Feld „von“ einen Wert eintragen, der ca. 2 Sekunden nach Ende des Impulses liegt
- ▶ Im Feld „bis“ wird ein Wert eingetragen der weitere 2 Sekunden danach liegt
- ▶ Die Ergebnisse sind in den grün unterlegten Feldern ablesbar
- ▶ Ergebnisse in die Datenbank übernehmen

A.3.3 Kontrollmessungen

Kontrolle des Drehmomentsensors

- ▶ Hebelarm auf der Höhe der Mittelachse des Drehmomentsensors montieren
- ▶ Kanal B -> Sonde „Drehmomentsensor 20 Nm“ auswählen
- ▶ Filter aktivieren (100 Hz)
- ▶ Nullabgleich ohne Belastung durchführen
- ▶ Messung starten
- ▶ 593g-Massestück möglichst schwingungsfrei anhängen
- ▶ Messung beenden
- ▶ Das Moment des 593g-Massestücks an dem 0,2 m Hebelarm beträgt 1,16 Nm
- ▶ Wenn der Messwert deutlich vom Sollwert abweicht (>5%), Kalibrierung überprüfen

Kontrolle des Messtasters

- ▶ Taster waagrecht fixieren, Verdrehung um Längsachse vermeiden
- ▶ Kanal A -> Sonde: „Messtaster 0,5N“ auswählen
- ▶ Nullabgleich durchführen
- ▶ Filter aktivieren (100 Hz)
- ▶ Messbereich +/- 1N auswählen
- ▶ Erfassungszeit 2s/div wählen
- ▶ Messung starten
- ▶ 51g-Massestück an die Messspitze hängen
- ▶ Messung beenden
- ▶ Digitales Lineal in Messsoftware auf Messlinie ziehen. Differenz zwischen Null und Gewichtskraft sollte 0,490 N betragen
- ▶ ($= 9,81\text{m/s}^2 * 0,05\text{kg}$)
- ▶ Wenn der Messwert deutlich vom Sollwert abweicht (>5%), Kalibrierung überprüfen

Kontrolle des Kraftsensors

- ▶ Kanal C -> Sonde Kraftsensor 200N auswählen
- ▶ Filter aktivieren (200 Hz)
- ▶ 126g-Massestück an den Sensor binden, fadenlänge im frei hängenden Zustand messen
- ▶ Sensor entlasten (Massestück hochheben)
- ▶ Nullabgleich durchführen (der Aufbau muss vorher fertig sein)
- ▶ Messung starten, bis zum Triggerpunkt laufen lassen
- ▶ Massestück von Höhe der Anbindung senkrecht fallen lassen
- ▶ Messung wird durch Triggerung automatisch beendet
- ▶ Messung speichern
- ▶ Datei in der Picopulse Software öffnen, Impuls auswerten (siehe Kapitel 3.3 in der ausführlichen Bedienungsanleitung)
- ▶ Bei Fadenlänge 0,85 m beträgt der Impuls des Massestückes 0,514 Ns. Die statische Kraft beträgt 1,23 N.
- ▶ Wenn die Messwerte deutlich von den Sollwerten (>>5%) abweichen, Kalibrierung überprüfen

A.4 Kurzanleitung und Checkliste zur Vermessung von Elektrofällen für Hausmäuse und Ratten

ACHTUNG

Elektrofällen erzeugen Hochspannungen über 1.000 V und geben diese über die Kontaktflächen ab. Bei Arbeiten sowie Manipulationen an den Fallen immer sicherstellen, dass die Geräte ausgeschaltet und von der Spannungsversorgung getrennt sind. Beim Auslösen der Fallen für Messungen immer darauf achten, dass stromführende Teile nur mit isolierten Werkzeugen berührt werden. Ggf. zusätzliche Schutzvorkehrungen treffen (Schutzschaltungen, persönliche Schutzausrüstung)

Materialien

- ▶ Isolierter Arbeitsbereich (Tisch)
- ▶ Metermaß, Messschieber
- ▶ Feinmechanik-Werkzeug (Schraubendreher, Pinzetten, Zangen, Feilen)
- ▶ Labornetzgerät mit stabilisierter Gleichspannung (0-30 V, 0-5 A)
- ▶ Hochspannungsmessspitze (28-40 kV, 60 Hz, 1000 M Ω , Teilverhältnis 1000:1)
- ▶ TRMS-Multimeter (600 V, 45-400 Hz, 10 M Ω , Messbereich 20 V~)
- ▶ Metallschicht-Widerstände (1-1,5 k Ω , mind. 2 je Wert als Ersatz)
- ▶ Labor-Messleitungen (3x rot, 3x schwarz, Länge 1 m, Querschnitt 1 mm², 60V, 16A)
- ▶ Isolierte Klemmprüfspitzen und Krokodilklemmen (4 mm) als Verbindungselemente
- ▶ Stoppuhr
- ▶ Thermo-/Hygrometer

Messvorbereitung, Messaufbau

- ▶ Elektrofalle ausschalten, ggf. eingelegte Batterien entfernen.
- ▶ Ermittlung verschiedener Raummaße (Länge, Breite, Höhe, Querschnitte) der Elektrofalle, z.B. Baumaße, Maße von Ein- und Ausgangsbereichen, Fangkammern, Kadaver-Behältern, Abstands- und Flächenmaße von Elektro-Kontaktflächen mit Metermaß und Messschieber.
- ▶ Prüfen der Stromversorgungseinrichtungen, ggf. Bau von Adaptern zur Stromversorgung über das Labornetzgerät.
- ▶ Prüfen der Schutzeinrichtungen gegen das Öffnen der Fallen während des Betriebes, ggf. Blockierung dieser Schutzeinrichtungen und/oder Bau von Anschlusspunkten an den Fallen-Kontaktflächen für Messgeräte und Prüfspitzen.
- ▶ Aufbau der Versuchsanordnung entsprechend des Blockschaltbildes (Abb. 1) und der Beispiel-Versuchsanordnung (Abb. 2).

Messaufbau (Abb. 1 und Abb. 2)

- ▶ Verbindung der Hochspannungsmessspitze mit der „Plus-Pol“-Kontaktfläche der Elektrofall, ggf. unter Zuhilfenahme einer roten Labor-Messleitung und einer Klemmprüfspitze bzw. Krokodilklemme.
- ▶ Anschluss der Doppel-Messleitung (rotes + schwarzes Kabel) der Hochspannungsmessspitze an das TRMS-Multimeter.
- ▶ Anschluss der Einzel-Messleitung der Hochspannungsmessspitze mit Krokodilklemme (schwarz) an einen Kontaktdraht eines Metallschicht-Widerstandes („Nager-Dummy“).
- ▶ Anschluss einer schwarzen Labor-Messleitung an denselben Kontaktdraht des Nager-Dummys an dem auch die Messleitung der Hochspannungsmessspitze angeschlossen ist. Der zweite Kontaktdraht des Nager-Dummys steht rechtwinklig zu den Messleitungsanschlüssen ab und bleibt vorerst frei. Anschluss des freien Endes der Labor-Messleitung an die „Minus-Pol“-Kontaktfläche der Elektrofall.
- ▶ Anschluss einer roten Labor-Messleitung an die „Plus-Pol“-Kontaktfläche der Elektrofall. Das freie Leitungsende wird mit einer isolierten Krokodilklemme („Auslöseklemme“) versehen und neben den noch freien Kontaktdraht des Nager-Dummys gelegt. Mit der Auslöseklemme erfolgt später die Fallenauslösung und die Simulation eines gefangenen Nagetiers.
- ▶ Anschluss der Stromversorgungspunkte in der Elektrofall über eine rote (+) und eine schwarze (-) Labor-Messleitung mit den entsprechenden Ausgängen am Labornetzgerät.
- ▶ Sichtprüfung, ob der Strom- und Messkreis richtig aufgebaut wurde.

Messabläufe

- ▶ Raumtemperatur und ggf. Luftfeuchte messen – Die Elektrofallmessungen sollten bei Raumbedingungen durchgeführt werden (ca. 20°C, ca. 40-60%). Alle Materialien sollten ausreichend temperiert, also der Umgebungstemperatur angepasst sein.
- ▶ Netzstecker des Labor-Netzgerätes in die Steckdose (220 V) stecken. Darauf achten, dass das Netzgerät dabei ausgeschaltet ist.

Probelauf

- ▶ Labornetzgerät einschalten (Spannungsabgabe ausgeschaltet), Ausgangsstromstärke auf max. 2A, Ausgangsspannung auf 6V Gleichspannung einstellen.
- ▶ TRMS-Multimeter einschalten, Messbereich auf 20V~ einstellen.
- ▶ Spannungsabgabe am Labornetzgerät einschalten. Elektrofall einschalten. Prüfen, ob das Aufladen der internen Fallenelektronik zu hören ist. Gleichzeitig über die Anzeige am Labornetzgerät prüfen, ob Strom an die Falle abgegeben wird (Stromstärke-Anzeige) sowie ob am TRMS-Multimeter eine Spannungsanzeige erfolgt. Anschließend prüfen, ob die Funktionsanzeige der Falle entsprechend Bedienungsanleitung funktioniert (z.B. aufleuchten einer LED).

Vorgang ggf. noch einmal wiederholen. Dazu Falle ausschalten und nach ca. 30 s wieder einschalten.

- ▶ Elektrofalle auslösen durch kurze Berührung der Auslöseklemme mit dem freien Kontakt des Nager-Dummys. Prüfen, ob die Fallenauslösung akustisch (summendes Geräusch) und ggf. optisch (Anzeigen an der Falle) wahrgenommen werden kann. Warten, bis die Fallenauslösung beendet ist (Anzeige an der Falle, keine Stromabgabe vom Labornetzteil, keine Spannungsanzeige am TRMS-Multimeter).

Zeitenmessung

- ▶ Mit Stoppuhr Dauer des Aufladevorgangs der Fallenelektronik sekundengenau messen, vom Einschaltzeitpunkt der Elektrofalle bis zum Verstummen des hörbaren Aufladevorgangs (Summen) bzw. bis Betriebsanzeige der Falle erscheint (Bedienungsanleitung der Falle beachten).
- ▶ Anschließend Dauer der Fallenauslösung mit der Stoppuhr sekundengenau erfassen (Beginn bis Ende des Summtons bzw. Aufleuchten/Verlöschen optischer Anzeigen an der Falle). Ggf. Dauer mehrerer Fallenauslöseintervalle und Dauer der dazwischen liegenden Pausen ermitteln. Zwischen Ende Aufladevorgang und Beginn Fallenauslösung mindestens 20 s Pause einhalten.
- ▶ Messung der Dauer der Auflade- und Auslösevorgänge mindestens dreimal wiederholen und dokumentieren. Abschließend Mittelwerte für die Vorgänge bilden. Zwischen den einzelnen Messdurchgängen je mindestens 2 min Pause einhalten, in der die Falle stromlos ist.

Spannungsmessungen

- ▶ Für jede Versorgungsspannung und jeden Messzyklus (Leerlauf, 1 k Ω Widerstand, 1,5 k Ω Widerstand) werden an der Elektrofalle drei Messdurchgänge durchgeführt (insgesamt 45 Messungen je Falle). Abschließend werden für jede Messeinstellung Mittelwerte aus den drei Einzelmessungen gebildet. Zwischen den einzelnen Messdurchgängen je mindestens 2 min Pause einhalten, in der die Falle stromlos ist.
- ▶ Es sollten folgende Versorgungsspannungen über das Labornetzgerät an die Elektrofalle abgegeben werden: 6,3V (entspricht in etwa fabrikneuen Batterien so weit in der Elektrofalle vier Batterien mit einer Nennspannung von je 1,5V eingesetzt werden), 6V, 5,5V, 5V, 4,5V (entspricht in etwa stark gebrauchten Batterien). Die Ausgangsstromstärke am Labornetzgerät wird auf 2A eingestellt.

Leerlaufmessung

- ▶ Einstellen der gewünschten Versorgungsspannung am Labornetzteil.
- ▶ Start der Messung durch Einschalten der Elektrofalle. Dann direkt ablesen der Stromstärke am Labornetzteil und der Wechselhochspannung am TRMS-Multimeter.
- ▶ Nach Ende des Einschaltvorgangs 20 s warten, dann Falle auslösen durch kurzes Antippen des freien Kontaktes des Nager-Dummys mit der Auslöseklemme.

- ▶ Innerhalb der ersten und der letzten 5 s des Auslösevorganges ablesen der Stromstärke am Labor-netzteil und der Hochspannung am TRMS-Multimeter. Bei Auslösevorgängen über 1 min Länge entweder nach der Hälfte des Auslösevorganges bzw. nach jeweils 30 s Stromstärke und Hochspannung ablesen. Wenn ein Auslösevorgang aus mehreren Intervallen besteht, jeweils in den ersten und letzten 5 s jedes Intervalls die Werte für Stromstärke und Hochspannung ablesen.
- ▶ Nach Ende des Auslösevorganges Elektrofalle ausschalten. Bis zum Start der nächsten Messung 2 min warten. In dieser Zeit ggf. eine andere Versorgungsspannung am Labor-netzteil einstellen.

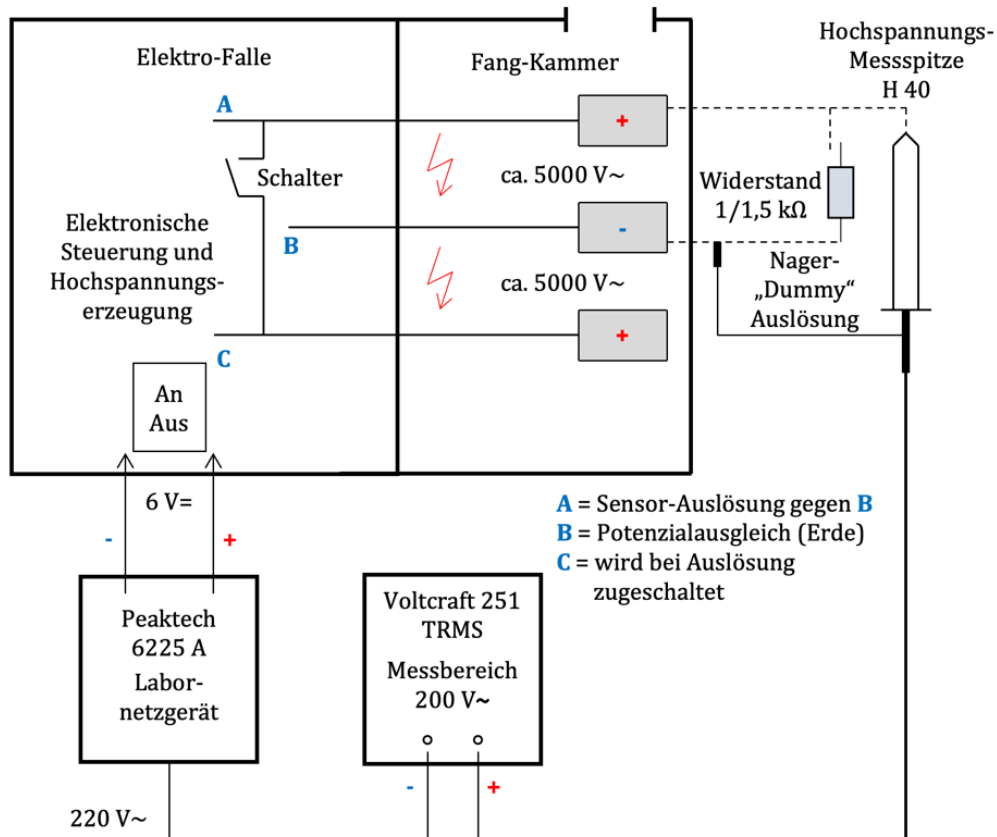
Messung mit Nager-Dummy

- ▶ Einstellen der gewünschten Versorgungsspannung am Labornetzteil.
- ▶ Start der Messung durch Einschalten der Elektrofalle. Dann direkt ablesen der Stromstärke am Labornetzteil und der Wechselhochspannung am TRMS-Multimeter.
- ▶ Nach Ende des Einschaltvorgangs 20 s warten, dann Falle auslösen durch Anklemmen der Auslöseklemme an den freien Kontakt des Nager-Dummys.
- ▶ Innerhalb der ersten und der letzten 5 s des Auslösevorganges ablesen der Stromstärke am Labornetzteil und der Hochspannung am TRMS-Multimeter. Bei Auslösevorgängen über 1 min Länge entweder nach der Hälfte des Auslösevorganges bzw. nach jeweils 30 s Stromstärke und Hochspannung ablesen. Wenn ein Auslösevorgang aus mehreren Intervallen besteht, jeweils in den ersten und letzten 5 s jedes Intervalls die Werte für Stromstärke und Hochspannung ablesen.
- ▶ Nach Ende des Auslösevorganges Elektrofalle ausschalten. Bis zum Start der nächsten Messung 2 min warten. In dieser Zeit ggf. eine andere Versorgungsspannung am Labor-netzteil einstellen oder den Nager-Dummy auf einen anderen Widerstandswert wechseln.

weitere Messungen

- ▶ Messung der von der Elektrofalle abgegebenen Form der Wechselhochspannung (z.B. Sinusform, Rechteckform) mittels Oszilloskops.
- ▶ Taktfrequenz der von der Falle abgegebenen Wechselhochspannung über Hochspannungsmessspitze mit TRMS-Multimeter messen (Messbereich 20V~).
- ▶ Messung der von der Elektrofalle abgegebenen Störstrahlung mittels Oszilloskops. Dazu eine geschirmte Labormessleitung und Hochspannungsmessspitze im Verhältnis 1:1 in einem Abstand von 10 cm von der Falle im freien Raum messen (lose Kopplung).

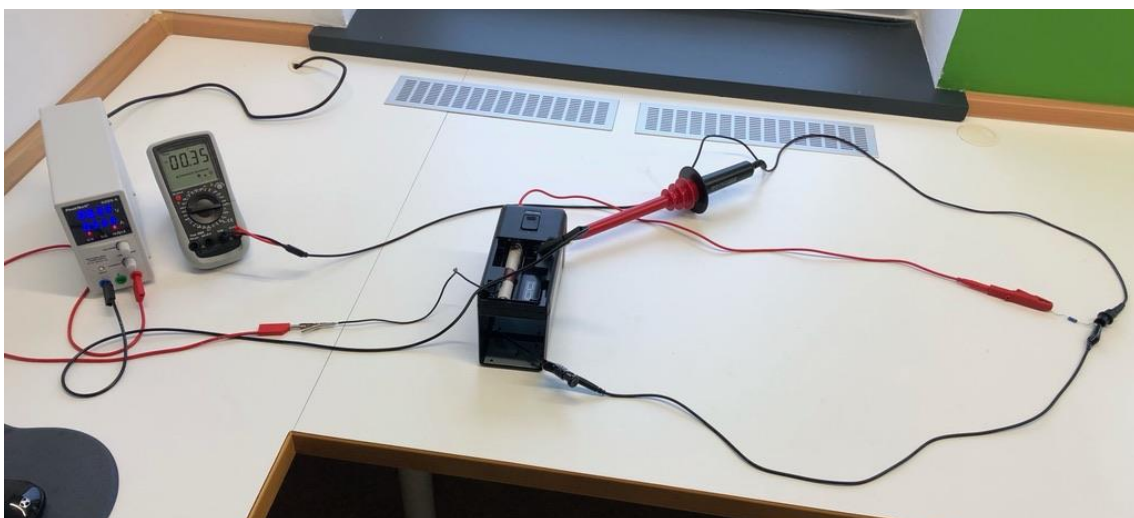
Abb. 1: Blockschaltbild zur Messung der Elektrofallen



Schematischer Versuchsaufbau zur Messung der von Elektrofallen abgegebenen Hochspannung sowie der von der Falle dafür benötigten Spannung und Stromstärke.

Quelle: eigene Darstellung, JKI

Abb. 2: Versuchsanordnung zur Messung der Elektrofallen



Über ein Labornetzgerät (links) wurde die Versorgungsspannung an die Elektrofalle abgegeben. Zwischen den Auslösekontakten der Elektrofalle (Mitte) war eine Hochspannungsmessspitze geschaltet, die mit einem TRMS-Multimeter zur Messung der Hochspannung gekoppelt war. In diesen Messkreis war ein elektrischer Widerstand zur Fallenauslösung und zur Simulation eines gefangenen Nagetiers zwischengeschaltet (rechts).

Quelle: eigene Darstellung, JKI

A.5 Messwertdatei Fallenmaße

Die Messwertdatei liegt dem Umweltbundesamt als separate Datei vor

A.6 Messwertdatei Schlagfallen

Die Messwertdatei liegt dem Umweltbundesamt als separate Datei vor

A.7 Messwertdatei Elektrofallen

Die Messwertdatei liegt dem Umweltbundesamt als separate Datei vor