Aus dem Institut für Genetik, Ernährung und Haltung von Haustieren,
Abteilung Tierhaltung und Tierschutz,
der Veterinär-medizinischen Fakultät der Universität Bern
(Prof. Dr. A. Steiger)

Arbeit unter der Leitung von Prof. Dr. A. Steiger und Dr. S. Gebhardt-Henrich

Einflüsse der Laufradnutzung auf ausgewählte ethologische, morphologische und reproduktionsbiologische Parameter beim Syrischen Goldhamster (*Mesocricetus auratus*)

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Veterinär-medizinischen Fakultät
der Universität Bern

vorgelegt von

Evelyne M. Vonlanthen
von Tafers und Heitenried, FR

2003

Von der Veterinär-medizinischen Fakultät auf Antrag von Prof. Dr. A. Steiger
als Dissertation genehmigt.

Bern,

Der Dekan der
Veterinär-medizinischen Fakultät

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Zielsetzung ... 1
2 Tiere und Methodik ... 3
2.1 Versuchsraum ... 3
2.2 Tierhaltung ... 4
2.3 Versuchstiere ... 7
2.3.1 Reproduktionsbiologie ... 7
2.3.2 Morphologie ... 10
2.4 Datenerhebung ... 12
2.4.1 Gewichtsdatenaufnahme ... 12
2.4.2 Adspektorische Kontrolle ... 12
2.4.3 Morphologische Datenerhebung ... 12
2.4.4 Reproduktonsbiologische Datenerhebung ... 16
2.4.5 Ethologische Datenerhebung ... 16
2.4.6 Messung der Laufradaktivität ... 20
2.4.7 Statistische Methoden ... 22
3 Ergebnisse ... 23
3.1 Ethologie ... 23
3.2 Laufradaktivität ... 31
3.3 Ultraschall ... 35
3.3.1 Messung der inguinalen Fettpolster ... 35
3.3.2 Messung des linken M. quadriceps femoris ... 36
3.4 Körpergewichtsentwicklung ... 39
3.4.1 Morphologischer Teil ... 39
3.4.2 Reproduktionsbiologischer Teil ... 42
3.4.3 Jungtiere ... 48
3.4.4 Wurfgewichte ... 52
3.5 Nachzucht ... 56
3.5.1 Wurfgrösse ... 56
3.5.2 Relation zwischen Wurfgrösse und Körpergewicht der Jungtiere ... 62
3.5.3 Jungtierverluste ... 65
4 Diskussion ... 69
4.1 Tierhaltung und Versuchstiere ... 69
4.2 Ethologie ... 71
4.3 Laufradnutzung ... 76
4.4 Körpergewichtsentwicklung und Ultraschall ... 84
4.5 Nachzucht ... 86
4.6 Abschliessende Bemerkungen zum Angebot eines Laufrads ... 90
5 Zusammenfassung ... 92
6 Literaturverzeichnis ... 94
7 Anhang ... 100
7.1 Hygienestatus ... 101
7.2 Ethologische Datenerhebung ... 102
7.2.1 Verhaltensbeobachtungen um den 50. Lebenstag ... 102
7.2.2 Verhaltensbeobachtungen um den 90. Lebenstag ... 112
7.2.3 Verhaltensbeobachtungen nach dem zweiten Wurf ... 122
7.2.4 Verhaltensbeobachtungen nach dem dritten Wurf ... 127
7.3 Laufradaktivität ... 130
7.4 Bezug zwischen Körpergewichtsentwicklung und Laufradleistung ... 139
7.5 Körpergewichtsentwicklung (reproduktionsbiologischer Teil) ... 142

1 Einleitung und Zielsetzung

Seit vielen Jahren erfreut sich der Goldhamster als Heimtier grosser Beliebtheit. Das Kindchenschema – grosser Kopf, hohe Stirn, ausdrucksvolle Augen, starke Wangenbildung und rundliche Ohren – trägt das seine dazu bei, dass beim Erwerb eines Goldhamsters eher emotionale und weniger rationale Aspekte entscheiden. Geht es dann um die Haltung des neu erworbenen Heimtiers, kommt man gewöhnlich nicht um die Frage herum, ob denn auch ein Laufrad angeschafft werden soll, wie es im Zoofachhandel üblicherweise als „Element zur Käfiganreicherung" empfohlen wird. Eine grosse Auswahl verschiedenster Laufradmodelle erleichtert die Entscheidung nicht gerade. Doch wer kennt nicht das Bild vom Hamster, der im Rad schier endlos seine Runden abspult? Für die einen stellt diese Verhaltensweise eine Tierquälerei oder Stereotypie dar, und es kommen unweigerlich Bedenken, einem Heimtier ein solches „Foltergerät" anzubieten. Andere sehen in der Laufradaktivität ein Ausleben eines natürlich bestehenden Bewegungsbedürfnisses. Der Schweizer Tierschutz STS bezieht in seinem Merkblatt zur Hamsterhaltung keine Stellung zum Laufrad.

Das Laufrad als Hilfsmittel in der Wissenschaft wurde erstmals von STEWART (1898) eingesetzt und ist bis heute ein wichtiges Instrumentarium zur Messung der lokomotorischen Aktivität in zahlreichen wissenschaftlichen Fragestellungen geblieben. Die Nutzung des Laufrads ist nicht an den Goldhamster gebunden, sondern wird bei unterschiedlichsten Tierarten beobachtet. Auf bestehende Literatur wird im Diskussionsteil eingegangen.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, den Einfluss des Laufrades auf ausgewählte ethologische, morphologische und reproduktionsbiologische Parameter beim Goldhamster unter Heimtierhaltungsbedingungen darzulegen, da unserer Kenntnis nach bis anhin wissenschaftlich erhobene Daten über die Laufradnutzung unter Heimtierbedingungen fehlen. In der vorliegenden Arbeit wurden daher, anders als unter Labortierhaltungsbedingungen, handelsübliche Käfige benutzt und die Tiere anstelle standardisierter Pellets mit einem Körnermischfutter, ergänzt durch Obst- und Gemüsegaben, ernährt. Im Gegensatz zu Privatheimtierhaltungen, die sich in der Regel auf ein Tier beschränken, war allerdings eine grosse Tierzahl im gleichen Raum untergebracht.

Die Frage, ob das Anbieten eines Laufrads einen Schaden oder Nutzen für den Goldhamster darstellt, kann nicht endgültig, sondern nur tendenziell geklärt werden, da im Rahmen dieser zeitlich begrenzten Dissertation nur Teilergebnisse erarbeitet werden konnten. Die Studie wird an der Abteilung bis zum natürlichen Tod aller Versuchstiere weitergeführt werden, in

der Hoffnung, abschliessend etwas mehr Licht in die kontrovers geführte Diskussion über Vor- und Nachteile des Laufrads bringen zu können.

2 Tiere und Methodik

2.1 Versuchsraum

Sämtliche in den Untersuchungen eingesetzte Goldhamster wurden in einem eigens für eine Labortierhaltung konzipierten Kellerraum mit einer Grundfläche von 18,63 m^2 und einer Höhe von 2,63 m untergebracht (vgl. Abbildung 1). Da der Raum fensterlos war, wurde ein Belichtungsregime installiert, das sich um ungefähr sechs Stunden von den natürlichen äusseren Bedingungen unterschied (vgl. Tabelle 1). Die Raumtemperatur betrug konstant 21°C ± 1°C. Die Luftfeuchtigkeit lag zwischen 46 und 66%. Eine automatische Belüftung war zur Gewährleistung der Frischluftzufuhr ständig in Betrieb. Dies entspricht den von WEST (1997) empfohlenen Haltungsbedingungen für Hamster. Die mit Laufrädern bzw. Attrappen ausgestatteten Käfige wurden jeweils abwechselnd in Regale mit maximal vier Ebenen übereinander eingeordnet (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 1: angewandtes Belichtungsregime

13.00 – 13.30 Uhr MEZ	Dämmerungsphase; Licht wird kontinuierlich hinuntergedimmt
13.30 – 01.00 Uhr MEZ	Dunkelphase; Licht bleibt konstant
01.00 – 01.30 Uhr MEZ	Dämmerungsphase; Licht wird kontinuierlich hinaufgedimmt
01.30 –13.00 Uhr MEZ	Hellphase; Licht bleibt konstant

Tabelle 2: Standortabhängigkeit der Lichtintensität im Käfig

	Dunkelphase	Hellphase
Ebene 1: Am Boden	0,2 Lux	49 Lux
Ebene 2: 0.53 Meter über dem Boden	0,7 Lux	146 Lux
Ebene 3: 1.13 Meter über dem Boden	2,8 Lux	252 Lux
Ebene 4: 1.70 Meter über dem Boden	4,0 Lux	285 Lux

Die Lichtintensitäten wurden innerhalb der eingerichteten Käfige gemessen und sind als Durchschnittswerte zu verstehen (Digital Lux Meter mit photometrischer Lichtmesszelle, Cosinus-korrigiert; BEHA GmbH). Der Messpunkt befand sich auf Tierhöhe im Mittelpunkt der Bodenfläche.

2.2 Tierhaltung

Die Versuchstiere für reproduktionsbiologische Untersuchungen [n=20] und für morphologische Untersuchungen [n=10] wurden in konventionellen, im Zoofachhandel erhältlichen Kleintierkäfigen mit den Massen 95x57x45 cm (Modell massa; Delphin Amazonia, CH-Münchenstein) gehalten. Der Käfig bestand aus einer 15,5 cm hohen blauen Kunststoffwanne und einem Gitteraufsatz mit drei Türchen (vgl. Abbildung 2).

Zehn Käfige wurden mit einem Laufrad aus Metall ausgestattet, das jeweils am Gitteraufsatz an der Breitseite befestigt wurde. Das Laufrad wies einen Durchmesser von 30 cm und eine Breite von 10 cm auf. Als Gangfläche wurde Lochblech mit einem Lochdurchmesser von 5 mm verwendet, um Pfotenverletzungen vorzubeugen (MROSOVSKY ET AL. 1998). Zehn weitere Käfige wurden mit gleichartigen, jedoch nicht drehbaren Laufradattrappen ausgestattet. Die Laufräder und Attrappen sind in dieser Form nicht im Handel erhältlich. Sie wurden teils von der Firma BOAS in Halle/Saale (D) bezogen, teils vom Technischen Dienst des Tierspitals Bern baugleich angefertigt.

Als Einstreumaterial wurden handelsübliche Weichholzspäne verwendet. Weiterhin wurden Heu, Küchenpapier und Papprollen als Nistmaterialien zur Verfügung gestellt (KUHNEN 2002). Zweige, vorwiegend von Haselsträuchern oder ungespritzten Obstbäumen, standen zum Benagen bereit.

Zur Käfigausstattung gehörte ferner ein Häuschen aus Sperrholz mit den Massen 20x14x14 cm. An der Längsseite befand sich ein 5 cm breites Eingangsloch. Die Dachplatte bestand aus weissem Kunststoffglas und konnte zu Kontroll- und Reinigungszwecken aufgeschoben werden.

Als Nahrung wurde handelsübliches Körnerfutter für Hamster (Witte Molen B.V., NL-Meeuwen) ad libitum angeboten (vgl. Abbildung 12). Als zusätzliche tierische Proteinkomponente wurde wöchentlich Katzentrockenfutter (Croc Menu Selina, Migros, CH-Zürich) gereicht. Um Vitamin-, Mineralstoff- und Spurenelementmangel vorzubeugen, wurde das Körnerfutter ebenfalls wöchentlich mit einem geeigneten Futterergänzungspräparat (Marienfelde Vitakalk, D-Roth b. Nürnberg) angereichert. Täglich wurde das Nahrungsangebot mit frischem Obst oder Gemüse (Äpfel, Gurken, Chicorée, Karotten etc.) ergänzt. Wasser stand jederzeit ad libitum aus Trinkflaschen zur Verfügung.

Einmal wöchentlich wurden die Käfige und Häuschen gründlich gereinigt und das nicht verzehrte Körnerfutter ersetzt.

Die Zuchtmännchen wurden unter identischen, zuvor genannten Bedingungen gehalten. Ihnen stand jedoch weder ein Laufrad noch eine Attrappe zur Verfügung.

Abb. 1: Versuchstierraum.

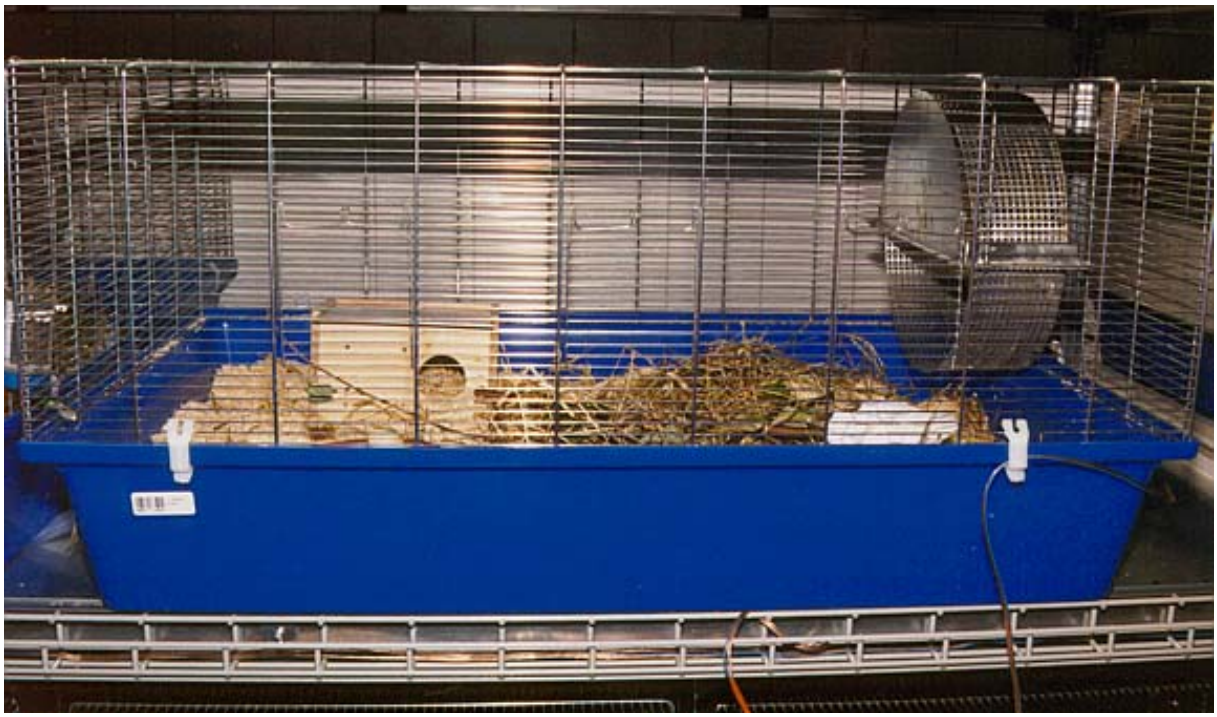


Abb. 2: eingerichteter Käfig.

2.3 Versuchstiere

2.3.1 Reproduktionsbiologie

Die für den Zuchtaufbau benötigten Elterntiere der Versuchstiere stammten aus der Labortierzucht RCC Ltd. in Füllinsdorf, BL. Es handelte sich um zwölf Goldhamsterweibchen (*Mesocricetus auratus* WATERHOUSE, 1839) und sechs Männchen, allesamt SPF-Tiere des Auszuchtstammes Laklbm:FUME (detaillierter Hygienestatus siehe Kapitel 7.1). Laut Züchter zeichnet sich dieser Hamsterstamm durch seine Frohwüchsigkeit, seine Fruchtbarkeit und durch die sehr leichte Handhabung aus. Dank genannter Charaktereigenschaften werden diese Goldhamster in weiten Forschungsgebieten der Fachbereiche Virologie, Dentalmedizin, Biochemie, Reproduktion, In-vitro-Fertilisation, Ethologie, Atheriosklerose und BSE-Grundlagenforschung eingesetzt.

Die Untersuchungen wurden vom Veterinärdienst des Kantons Bern unter der Nummer 90/00 als nicht bewilligungspflichtiger Tierversuch genehmigt.

Als Versuchstiere wurden zehn Schwesternpaare des Auszuchtstammes Laklbm:FUME(SPF) aus fünf Würfen eigener Nachzucht ausgewählt. Sowohl die Auswahl der zwanzig Versuchstiere als auch die Einteilung jeweils eines Schwesterntiers in die Attrappen- bzw. Laufradgruppe erfolgte anhand des Körpergewichtes am 28. Lebenstag, wobei auf etwa gleich grosse Körpermasse der beiden Schwesterntiere geachtet wurde. Jedes Versuchstier erhielt eine individuelle Identifikationsnummer, die sich aus der fortlaufenden Tiernummer und der Käfignummer zusammensetzte. Das ergab für die zwanzig Versuchstiere folgende Einteilung:

Tabelle 3: Versuchstiere der reproduktionsbiologischen Untersuchung

Tiere mit Attrappe	Tiere mit Laufrad
113-1	114-11
71-2	78-12
86-3	84-13
96-4	95-14
87-5	93-15
92-6	89-16
101-7	99-17
115-8	116-18
112-9	111-19
110-10	109-20

Am 28. Lebenstag wurden die zehn Schwesternpaare von ihren jeweiligen Müttern abgesetzt und einzeln in neue Käfige umgesetzt (Käfigbeschrieb siehe unter Kapitel 2.2). Zehn Tiere erhielten je einen Käfig mit Attrappe; das jeweils zugehörige Schwesterntier wurde in einen Käfig mit Laufrad gesetzt. Es folgte eine Eingewöhnungsphase bis zum 60. Lebenstag, wobei die funktionstüchtigen Laufräder noch arretiert blieben. Vom 60. Lebenstag an wurden die Laufräder für die Benutzung freigegeben.

Ab dem 90. Lebenstag wurden die Versuchstiere in Abhängigkeit ihres Östruszyklus gedeckt. Zu diesem Zeitpunkt waren die Weibchen noch nicht voll ausgewachsen. Sechs Männchen standen für eine natürliche Paarung („Sprung aus der Hand" [KÖHLER 1989]) zur Verfügung. Adspektorisch konnte der Metöstrus bestimmt werden, der sich durch weisslich-gelben, zähflüssigen Vulvaausfluss mit charakteristisch säuerlichem Geruch auszeichnet (ORSINI 1961). Drei Tage nach dem Metöstrus konnte der nächste Paarungsversuch unternommen werden, da der Zyklus bei Goldhamsterweibchen strikt vier Tage dauert (GATTERMANN ET AL. 1985, GATTERMANN 1996). Die Deckversuche fanden unter ständiger Kontrolle statt, wobei das Weibchen immer in den Käfig des Männchens gesetzt wurde. Befand sich das Weibchen im Östrus, kam es innerhalb weniger Minuten zur Paarung. Ansonsten wurden verschiedene Verhaltensweisen wie Drohen, einander Treiben, Interesselosigkeit bis hin zu Aggression und Beissereien beobachtet (DIETERLEN 1959, LISK ET AL. 1983, FRITZSCHE ET AL. 2000). In diesen Fällen wurde das Weibchen umgehend aus dem Käfig des Männchens entfernt.

Kam es zur Konzeption, folgte eine sechzehntägige Gravidität bis zur Geburt des Wurfes (GATTERMANN 1983). Die folgende Laktation dauerte 28 Tage. Im Anschluss daran wurden die Jungtiere vom Muttertier abgesetzt. Danach wurde dem Versuchsweibchen eine mindestens dreissigtägige Rastzeit zur Erholung zugesprochen, bevor mit erneuten Paarungsversuchen fortgefahren wurde. Insgesamt sollten alle Versuchsweibchen bis zum Ende der Datenaufnahme viermal erfolgreich gedeckt werden.

Blieb die Paarung akonzeptionell, wurde trotzdem eine sechzehntägige, der Graviditätszeit entsprechende Zeitspanne abgewartet, bevor erneut Paarungsversuche unternommen wurden. Nach maximal drei akonzeptionellen Paarungen wurde eine dreissigtägige Rastzeit gewährt und anschliessend nach zuvorgenanntem Schema weitergefahren.

Kam es zum Abort oder hatte ein Versuchsweibchen nachweislich geworfen (Beurteilung aufgrund der Gewichtsabnahme und/oder Blut im Nest [DIAMOND UND MAST 1978]), und es trat danach Kronismus (Infantophagie, Form des Kannibalismus [WIESNER UND RIBBECK 1991]) auf, wurde nach demselben Schema verfahren wie bei erfolgreicher Nachzucht.

Erneute Paarungsversuche wurden erst nach 58 Tagen Wartezeit unternommen. Diese Periode entspricht der 28-tägigen Laktations- und der nachfolgenden 30-tägigen Rastzeit.

Um ein breites Reaktionsspektrum innerhalb des Auszuchtstammes zu erhalten, wurden die Versuchsweibchen in jedem Deckdurchgang mit einem anderen Männchen gepaart (KÖHLER 1989). Schwesterntiere wurden jeweils mit dem gleichen Männchen verpaart, um paternale Einflüsse konstant zu halten. Ab der dritten Konzeption wurden zusätzlich zu den sechs bereits regelmässig verwendeten Männchen noch drei weitere Individuen aus eigener Nachzucht eingesetzt. Das Rotationsschema, nach dem die Paarungsversuche vorgenommen wurden, ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Rotationsschema zum Decken

Weibchen mit Attrappe	Tier-Nr. des eingesetzten Männchens			
	bei der 1. Konzeption	bei der 2. Konzeption	bei der 3. Konzeption	bei der 4. Konzeption
113-1	42-41	14-46	17-45	105-23
71-2	68-43	42-41	43-42	104-25
86-3	17-45	68-43	14-46	69-44
96-4	43-42	69-44	42-41	104-25
87-5	17-45	43-42	68-43	106-27
92-6	14-46	17-45	43-42	68-43
101-7	43-42	14-46	69-44	42-41
115-8	69-44	42-41	104-25	17-45
112-9	43-42	68-43	105-23	14-46
110-10	68-43	69-44	106-27	43-42

Weibchen mit Laufrad	Tier-Nr. des eingesetzten Männchens			
	bei der 1. Konzeption	bei der 2. Konzeption	bei der 3. Konzeption	bei der 4. Konzeption
114-11	42-41	14-46	17-45	105-23
78-12	68-43	42-41	43-42	104-25
84-13	17-45	68-43	14-46	69-44
95-14	43-42	69-44	42-41	104-25
93-15	17-45	43-42	68-43	106-27
89-16	14-46	17-45	43-42	68-43
99-17	43-42	14-46	69-44	42-41
116-18	69-44	42-41	104-25	17-45
111-19	43-42	68-43	105-23	14-46
109-20	68-43	69-44	106-27	43-42

Sieben der zwanzig Versuchstiere starben vor Ende der Datenaufnahme (fünf Tiere mit Attrappe, zwei Tiere mit Laufrad; vgl. Tabelle 5). Sämtliche Kadaver wurden am Institut für

Tierpathologie der Universität Bern einer Routinesektion unterzogen, wobei auch histologische und bakteriologische Untersuchungen durchgeführt wurden. Die Todesursache konnte allerdings in keinem Fall mit Sicherheit geklärt werden.

Tabelle 5: Tierverluste im reproduktionsbiologischen Teil

Tier-Nr.	Gestorben am	Lebenstag	Symptome	Todesursache
113-1	08.05.02	307	Apathie, Diarrhoe	Diarrhoe; Erreger konnte nicht nachgewiesen werden
71-2	28.02.02	245	Apathie, Augenausfluss, Exikose, Diarrhoe	Diarrhoe; Erreger konnte nicht nachgewiesen werden
78-12	14.02.02	231	Augen- und Nasenausfluss, Alopezie an Hals und Bauch, Ataxie	unbekannt
84-13	04.11.01	129	keine	unbekannt
101-7	02.04.02	274	keine	unbekannt
115-8	22.07.02	382	Diarrhoe	Diarrhoe; Erreger konnte nicht nachgewiesen werden
112-9	03.05.02	302	Ataxie, Gleichgewichtsstörungen	unbekannt

2.3.2 Morphologie

Für den morphologischen Teil der Studie wurden fünf Schwesternpaare des Auszuchtstammes Laklbm:FUME aus eigener Nachzucht ausgewählt. Die verwendeten zehn Weibchen stammten aus vier verschiedenen Würfen, wurden ebenfalls am 28. Lebenstag von ihrer Mutter abgesetzt und wiederum in je fünf Käfige mit Attrappen bzw. mit Laufrädern umgesetzt. Sowohl die Auswahl der zehn Versuchstiere als auch die Einteilung jeweils eines Schwesterntiers in die Attrappen- bzw. Laufradgruppe erfolgte auch hier anhand des Körpergewichtes am 28. Lebenstag, wobei auf etwa gleich grosse Körpermasse der beiden Schwesterntiere geachtet wurde.

Die individuelle Identifikationsnummer setzte sich aus fortlaufender Tiernummer und Käfignummer zusammen und ergab für die zehn Versuchsweibchen folgendes Schema:

Tabelle 6: Versuchstiere der morphologischen Untersuchung

Tiere mit Attrappe	Tiere mit Laufrad
249-32	245-31
220-34	218-33
231-36	221-35
224-38	222-37
239-40	241-39

Die zehn Versuchstiere wurden unter den in Kapitel 2.1 und 2.2 beschriebenen Bedingungen gehalten.

Die Laufräder blieben auch hier während der Eingewöhnungsphase bis zum 60. Lebenstag arretiert und wurden dann erst für die Benutzung freigegeben. Im Gegensatz zum reproduktionsbiologischen Teil der Studie wurden die Versuchstiere im morphologischen Teil nicht verpaart.

Es kam zu sechs Tierverlusten vor Ende der Datenaufnahme (zwei Tiere mit Attrappe, vier Tiere mit Laufrad; vgl. Tabelle 7). Wiederum wurden Routinesektionen mit histologischen und bakteriologischen Untersuchungen am Institut für Tierpathologie der Universität Bern durchgeführt, doch die Todesursache konnte in keinem Fall geklärt werden. Auffällig war, dass alle Tiere symptomlos, meist in normaler Schlafstellung in ihrem Nest, verendeten.

Tabelle 7: Tierverluste im morphologischen Teil

Tier-Nr.	Todestag	Lebenstag	Symptome	Todesursache
245-31	23.05.02	188	Keine	Unbekannt
220-34	24.05.02	194	Keine	Unbekannt
221-35	26.07.02	254	Keine	Unbekannt
231-36	28.02.02	106	Keine	Unbekannt
222-37	13.03.02	119	Keine	Unbekannt
241-39	18.04.02	155	Keine	Unbekannt

2.4 Datenerhebung

2.4.1 Gewichtsdatenaufnahme

Sämtliche in der Studie eingesetzten Versuchstiere und ihre Nachkommen wurden in regelmässigen Abständen gewogen (vgl. Tabelle 8; Waage Modell Sartorius Basic BL 1500 S der Firma Windaus, D-Magdeburg; Wägebereich 1500 g, Ablesbarkeit 0.01 g).

Tabelle 8: Aufnahme der Gewichtsdaten

	Schema für die Erfassung der Körpergewichte
Jungtiere	• gewogen am 10., 14., 21. und 28. Lebenstag
Versuchsweibchen im reproduktionsbiologischen Teil	• bis zur 1. Konzeption alle zehn Tage (am 40., 50., 60., 70., 80. und 90. Lebenstag) • während der Gravidität alle fünf Tage (bei der Konzeption, am 5., 10. und 15. Graviditätstag) • während der Laktationszeit alle fünf Tage (am 5., 10., 15., 20., 25. und 28. Laktationstag) • während der Rastzeit alle zehn Tage (am 10., 20. und 30. Tag nach Absetzen, evt. länger)
Versuchsweibchen im morphologischen Teil	• alle zehn Tage (vom 40. bis zum 300. Lebenstag)
Männchen	• alle vierzehn Tage

Sämtliche Tiere wurden zur Standardisierung der Datenaufnahme jeweils vor dem Füttern gewogen.

2.4.2 Adspektorische Kontrolle

Nachfolgend zur Gewichtsbestimmung wurden die Tiere einer Adspektion und Palpation unterzogen. Dabei wurde nach Anzeichen gesucht, die auf eine Erkrankung oder ein Unwohlsein hindeuteten. Insbesondere wurde auf Veränderungen am Haarkleid, Augen- oder Nasenausfluss, unkorrekte Zahnstellung, Abmagerung, verklebte Perianalgegend, Wunden oder Bissverletzungen geachtet.

2.4.3 Morphologische Datenerhebung

Die Versuchstiere [n=10] wurden zur Darstellung der Dicke der inguinalen Fettpolster bzw. der Quadricepsmuskulatur insgesamt dreimal in jeweils dreimonatigen Abständen einer ultrasonographischen Untersuchung unterzogen.

Vorgängig wurde ein verendetes Goldhamsterweibchen des Auszuchtstammes Laklbm:FUME präpariert, um die Verteilung von Fett- und Muskelgewebe zu veranschaulichen (vgl. Abbildungen 3 und 4).

Kurz vor Inbetriebnahme des Laufrads (nach der einmonatigen Eingewöhnungszeit im neuen Käfig) wurde eine erste ultrasonographische Untersuchung bei allen fünf Schwesternpaaren durchgeführt. Weitere Untersuchungen folgten nach drei bzw. sechs Monaten. Zum Zeitpunkt der ersten beiden Untersuchungen befanden sich die Goldhamster noch im Wachstum bzw. im jungadulten Stadium, während sie beim letzten Untersuchungstermin ihr Adultgewicht und ihre volle Grösse erreicht hatten.

Für die sonographische Untersuchung war eine Immobilisation der Goldhamster notwendig (Isofluran-Inhalationsnarkose, 4% während der Anflutung; 2,5-3% während der Erhaltung [MC INTYRE 1971, SEDGWICK ET AL. 1992, HARKNESS UND WAGNER 1995]). Die Goldhamster wurden anschliessend in der Inguinalregion und am linken Oberschenkel geschoren und in Rückenlage auf einem Wärmekissen positioniert. Vor der eigentlichen Sonographie wurden die geschorenen Hautpartien mit Alkohol entfettet. Zur Untersuchung wurde ein Ultraschallgerät (Modell Aloka Prosound SSD 5500 HD) mit linearem Schallkopf (13 MHz) verwendet.

Die beiden inguinalen Fettpolster liessen sich mittels Ansatz des Schallkopfes im 90-Grad-Winkel zur Linea alba darstellen. Die Symphysis pubica fungierte als Referenzpunkt. Zur Abbildung der Quadriceps-Muskulatur wurde der Goldhamster in Rückenlage belassen, jedoch die hintere linke Extremität gestreckt und im Knie leicht nach innen rotiert. Der lineare Schallkopf wurde entlang des linken Femurs angesetzt.

Auf Höhe der Symphysis pubica wurde die dickste Stelle der darüberliegenden inguinalen Fettpolster gemessen (in mm), und die Resultate der Tiere mit Attrappe wurden mit denen der Tiere mit funktionierendem Laufrad verglichen. Bei den Quadriceps-Aufnahmen wurde zur Auswertung die Länge des Femurs bestimmt (als Referenzpunkte galten der proximale Patellarand und das Acetabulum femoris) und genau auf halber Distanz wurde die Dicke der darüberliegenden Muskulatur ermittelt (vgl. Abbildungen 5 und 6).

Die ultrasonographischen Untersuchungen wurden vom Veterinärdienst des Kantons Bern unter der Bewilligungsnummer 114/01 als Gesuch ohne Einschränkungen genehmigt.

Abb. 3: Inguinale und axiale Fettpolster beim Goldhamster.

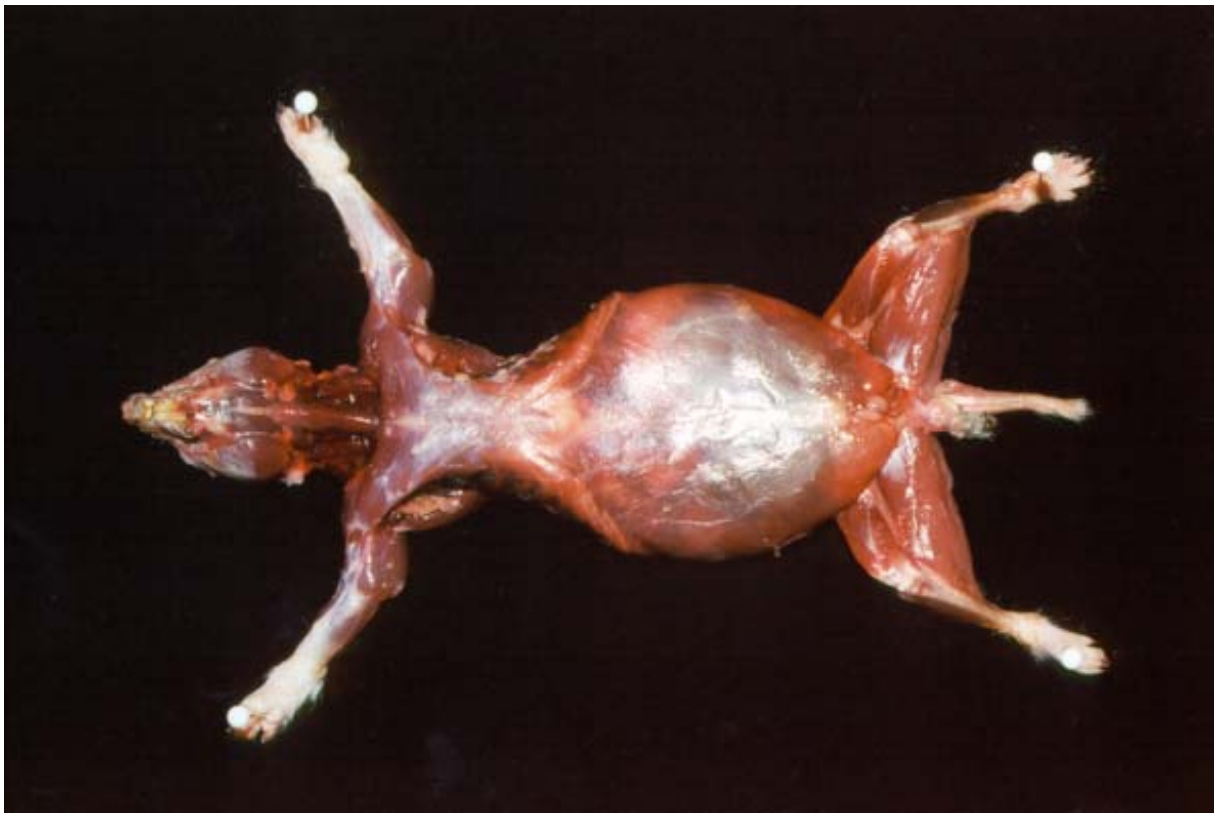


Abb. 4: Goldhamster nach Abpräparation der inguinalen und axialen Fettpolster.

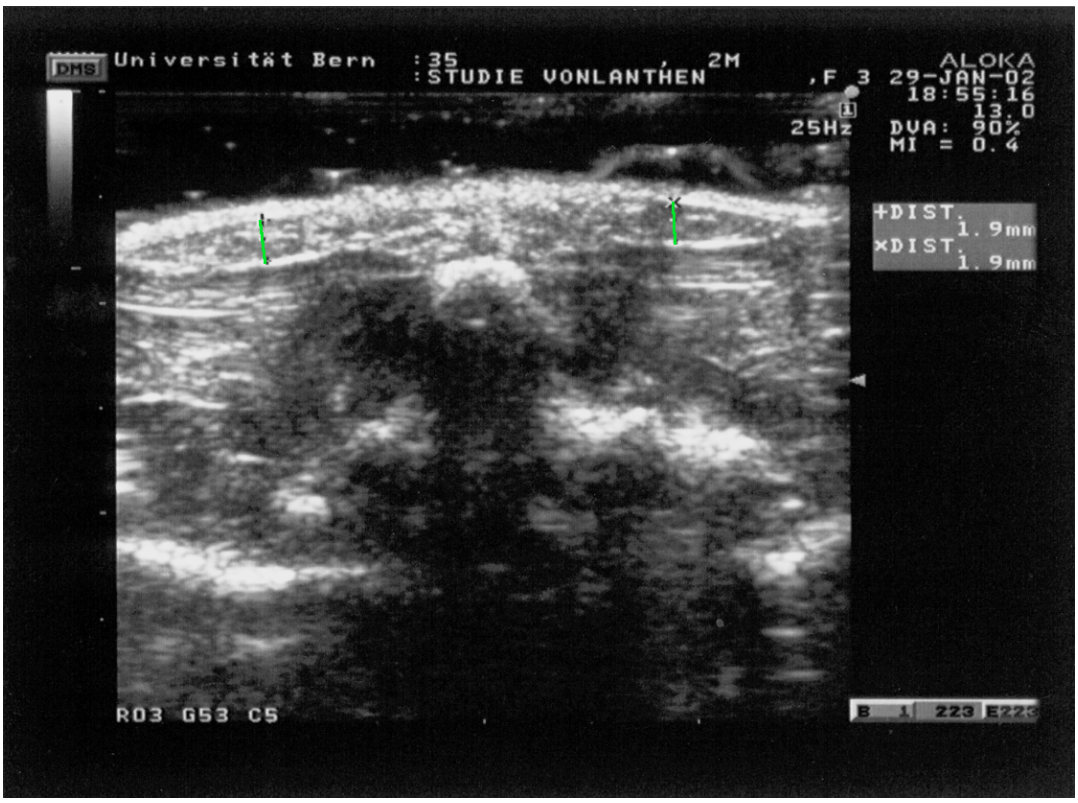


Abb. 5: Ultrasonographische Darstellung von inguinalen Fettpolstern.

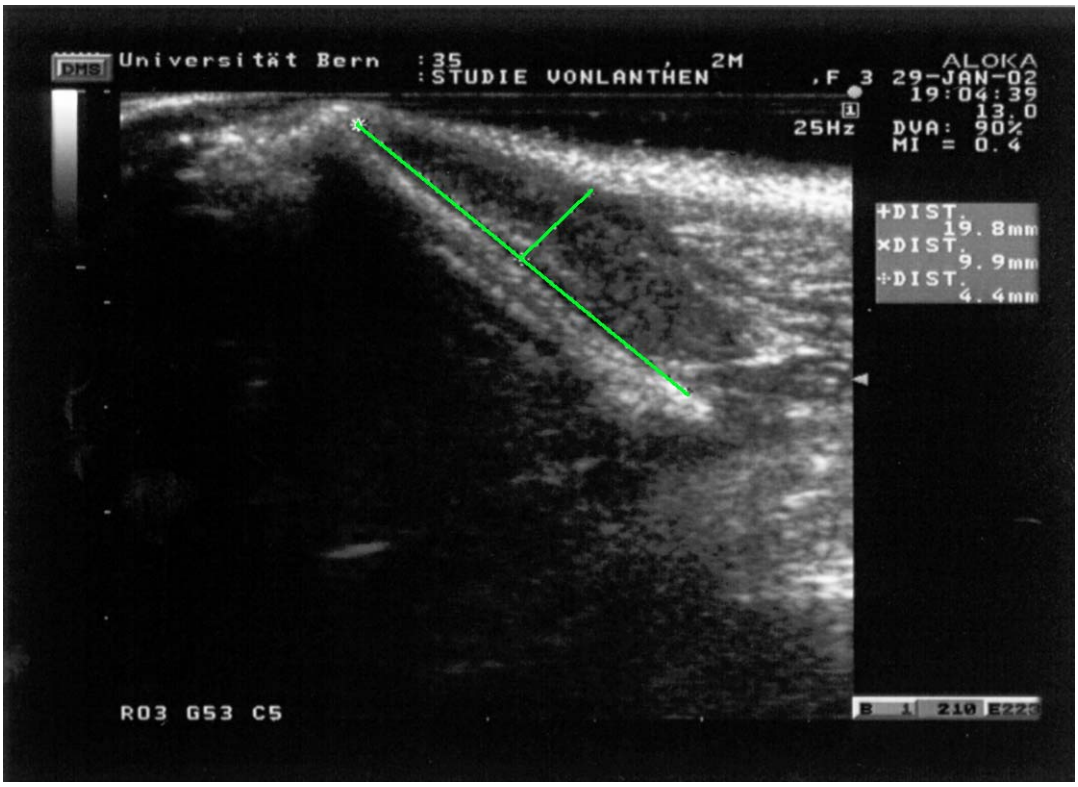


Abb. 6: Ultrasonographische Darstellung des M. quadriceps femoris.

2.4.4 Reproduktonsbiologische Datenerhebung

Am Tag nach dem errechneten Wurfdatum wurde überprüft, ob das Weibchen geworfen hatte. Die Wurfkontrolle erfolgte nach Möglichkeit störungsarm, beispielsweise während das Muttertier Futter aufnahm. Die Jungtiere wurden zu diesem frühen Zeitpunkt aber nicht angefasst. Wenn sich keine Nachkommen im Wurfnest befanden, wurde nach Blutspuren im Nest sowie im Käfig gesucht . Weiter wurde das Versuchsweibchen gewogen und überprüft, ob eine Gewichtsabnahme vorlag (DIAMOND UND MAST 1978). Traf dies zu, wurde davon ausgegangen, dass das Weibchen geworfen und danach seine Jungtiere aufgefressen hatte.

Nebst der obengenannten Gewichtsdatenerhebung (vgl. Kapitel 2.4.1) wurden auch die Jungtierverluste innerhalb der Laktationsperiode und das Geschlechterverhältnis innerhalb des Wurfes registriert. Das Geschlechterverhältnis wurde am 10. Lebenstag anhand der bei weiblichen Tieren bereits deutlich erkennbaren Gesäugeleiste bestimmt.

2.4.5 Ethologische Datenerhebung

Aufgrund eigener Voruntersuchungen und anhand der Arbeiten von DIETERLEN (1959) und RICHARDS (1966) wurde ein Katalog jener Verhaltensweisen zusammengestellt, die bei den Versuchstieren [n=20] des reproduktionsbiologischen Teils registriert werden sollten (vgl. Tabelle 9).

Tabelle 9: registrierte Verhaltensweisen

Aktion	Definition der Aktion
ruhen	• bewegungslos stehen bleiben, verharren, innehalten oder sitzen ohne weitere Tätigkeit • schlafen • Zeitabschnitte, während denen sich der Hamster der Beobachtung entzog (z.B. Aufenthalt im Häuschen oder in selbst gegrabenen Höhlen)
laufen	• langsame oder schnelle Vorwärtsbewegung, marschieren oder rennen; horizontale Lokomotion
sichern	• „Lauschmännchen machen"; sich aufrichten verbunden mit lauschen, spähen und riechen
klettern	• sich am Gitteraufsatz des Käfigs oder auf dem Laufrad/der Attrappe bewegen; von der Decke hängen lassen; vertikale Lokomotion
Laufradnutzung	• im Laufrad laufen oder rennen; Lokomotion im Laufrad
graben	• scharren; buddeln; umlagern von Einstreu; anlegen von Gängen
nagen am Gitter	• bearbeiten des Gitteraufsatzes mit den Zähnen • kauen der Gitterstäbchen auf dem Diastema (zahnfreier Raum zwischen Incisivus und 1. Molar [WIESNER UND RIBBECK 1991], vgl. Abbildung 9)
nagen an der Flasche	• bearbeiten des Trinkröhrchens mit den Zähnen
nagen am Häuschen	• bearbeiten der Holzkonstruktion und/oder des Kunststoffglases mit den Zähnen
nagen an Zweigen	• bearbeiten der Ästchen mit den Zähnen
nagen an weiteren Objekten	• bearbeiten von Heu, Küchenpapier, Papprolle etc. mit den Zähnen
sich putzen	• sitzende Haltung; mit beiden Vorderbeinen gleichzeitig über Kopf und Ohren streifen; Vorderpfoten lecken; reinigen des Körpers (Bauch, Genitalien, Flanken) durch Lecken oder Beknabbern
sich kratzen	• rasche Kratzbewegungen mit den Hinterbeinen entlang des Rückens, der Flanken oder des Bauches
Nahrungsaufnahme	• füllen der Backentaschen; festhalten der Nahrung mit Vorderpfoten; kauen; fressen; nagen des Futters; trinken

Gefilmt wurden jeweils zwei Goldhamster gleichzeitig. Aus aufnahmetechnischen Gründen wurden die Käfige auf Bodenhöhe positioniert.

Für die Videodokumentation wurde folgendes Equipment eingesetzt: eine Überwachungskamera mit Zoomobjektiv (Cosmicar Pentax; 3,5-8mm; 1:1,4), ein Panasonic Langzeit-Videorecorder (Modell AG-6730) und ein Ikegami Monitor (Modell PM-909).

Die Aufnahmephase umfasste jeweils die ersten drei Stunden nach Beginn der Dunkelperiode. Von den zwanzig Versuchstieren wurden insgesamt je dreimal Videoaufnahmen angefertigt (vgl. Tabelle 10):

Um den 50. Lebenstag (48.-51. Lebenstag) wurden alle zehn Schwesternpaare gefilmt. Die Goldhamster befanden sich zu jenem Zeitpunkt in der Eingewöhnungsphase in ihrem neuen Käfig; die funktionstüchtigen Laufräder waren noch arretiert.

Um den 90. Lebenstag (88.-93. Lebenstag) wurden alle zehn Schwesternpaare nochmals aufgenommen. Die Goldhamster standen kurz vor ihrer ersten Belegung; die Laufräder konnten seit ca. einem Monat genutzt werden.

Eine Hälfte der Goldhamster wurde nach dem 2. Wurf ein letztes Mal gefilmt (228.-262. Lebenstag). Aus verschiedenen Gründen (akonzeptionelle Belegungen, Aborte, unregelmässiger Zyklus) konnten die jeweiligen Schwesterntiere nicht gleichzeitig gedeckt werden und waren deshalb nicht mehr synchron im Zeitverlauf. Bei der 3. Videoaufnahme wurden somit keine Schwesternpaare mehr gleichzeitig gefilmt, sondern solche zwei Weibchen, die aufgrund ihres Alters und Zyklus am besten zusammen passten. Nach dem 3. Wurf wurde die zweite Hälfte der zu dem Zeitpunkt noch verbliebenen Versuchsweibchen gefilmt (326.-354. Lebenstag).

Tabelle 10: Schema der Videoaufzeichnungen

Zeitpunkt der Videoaufnahme	Aufnahme-datum	Gleichzeitig gefilmte Versuchstiere mit exaktem Lebenstag			
		Tier-Nr. Attrappe	Lebenstag	Tier-Nr. Laufrad	Lebenstag
Um den 50. Lebenstag	15.08.01	71-2	48	78-12	48
	16.08.01	86-3	49	84-13	49
	17.08.01	96-4	49	95- 14	49
	18.08.01	87-5	49	93-15	49
	19.08.01	92-6	50	89-16	50
	21.08.01	101-7	50	99-17	50
	22.08.01	113-1	48	114-11	48
	23.08.01	115-8	49	116-18	49
	24.08.01	112-9	50	111-19	50
	25.08.01	110-10	51	109-20	51
Um den 90. Lebenstag	24.09.01	71-2	88	78-12	88
	25.09.01	86-3	89	84-13	89
	26.09.01	96-4	89	95-14	89
	27.09.01	87-5	90	93-15	90
	28.09.01	92-6	91	89-16	91
	29.09.01	101-7	89	99-17	89
	01.10.01	113-1	88	114-11	88
	03.10.01	115-8	90	116-18	90
	05.10.01	112-9	92	111-19	92
	06.10.01	110-10	93	109-20	93
Nach dem 2. Wurf	18.02.02	86-3	235	112-9	228
	25.02.02	92-6	241	113-1	235
	04.03.02	101-7	245	110-10	248
	11.03.02	114-11	249	95-14	255
	18.03.02	109-20	256	93-15	262
Nach dem 3. Wurf	27.05.02	115-8	326	89-16	332
	03.06.02	116-18	333	111-19	333
	17.06.02	96-4	354	87-5	354

Die Verhaltensbeobachtungen wurden mit Hilfe der Observer Software Version 3.0 (Noldus, NL-Wageningen) am Computer ausgewertet. Die Dauer der obengenannten Verhaltens-parameter wurde im 30-minütigen Turnus immer während fünf Minuten registriert. Die jeweils beobachtete Verhaltensweise wurde als beendet angesehen, sobald der Goldhamster eine andere, im Katalog genannte Verhaltensweise zeigte.

2.4.6 Messung der Laufradaktivität

Jedes Laufrad besass an seiner Rückseite einen Magneten, von dem aus bei jeder Laufradumdrehung ein elektrischer Impuls über eine Diode zu einem Computer weitergeleitet wurde. Mit Hilfe der Chronobiology-Kit® Software (Stanford Software Systems, USA-Santa Cruz CA) konnte die Laufradaktivität der Goldhamster rund um die Uhr registriert und später ausgewertet werden.

Dargestellt wurden die Laufraddaten grafisch in Form von sogenannten Actogrammen (vgl. Abbildung 7), wobei computerunterstützt alle fünf Minuten registriert wurde, ob in der vorangegangenen Zeit mindestens ein Impuls erzeugt wurde. War dies der Fall, wurde der Balken des Actogramms um eine Einheit verlängert; war während der vorangegangenen fünf Minuten kein Signal angekommen, wurde der Balken unterbrochen.

Aufgrund der Actogrammdaten liessen sich die durchschnittlichen Laufradumdrehungen pro Minute im Tagesverlauf für jedes einzelne Tier computergestützt ermitteln. Diese Daten erlaubten die Berechnung der Strecke, die jedes Tier aus der Laufradgruppe täglich zurückgelegt hatte.

Zu Beginn der Studie traten hinsichtlich der Erfassung der Laufradaktivität etliche technische Schwierigkeiten auf. Erst Ende November 2001 gelang es erfolgreich, die aufgetretenen Programm- und Infrastrukturprobleme zu bewältigen. Aus diesem Grund fehlen die Laufraddaten der ersten drei Monate nach Inbetriebnahme der Laufräder bei allen Tieren des reproduktionsbiologischen Teils. Die Weibchen befanden sich beim Start der automatischen Datenaufzeichnung (26.11.2001) in der ersten Laktationsperiode bzw. in der ersten Ruheperiode nach Absetzen des Wurfes, da mit den Verpaarungen im Interesse des Gesamtprojektes nicht gewartet werden konnte.

Die morphologischen Untersuchungen begannen erst später. Somit konnte hier mit der Datenaufnahme unmittelbar nach Inbetriebnahme der Laufräder begonnen werden. Verschiedene Male kam es für kurze Zeit infolge defekter Dioden zu Unterbrüchen der Datenaufnahme bei einzelnen Tieren. Ebenso wurden in der Zeit vom 01.07.2002 - 15.08.2002 aufgrund eines technischen Defekts keine Daten aufgezeichnet. Dadurch kam es zu einem vorzeitigen Ende der Datenaufnahme am 01.07.2002. Die nach diesem Datum noch registrierten Laufradaktivitäten wurden für die Auswertung nicht mehr berücksichtigt.

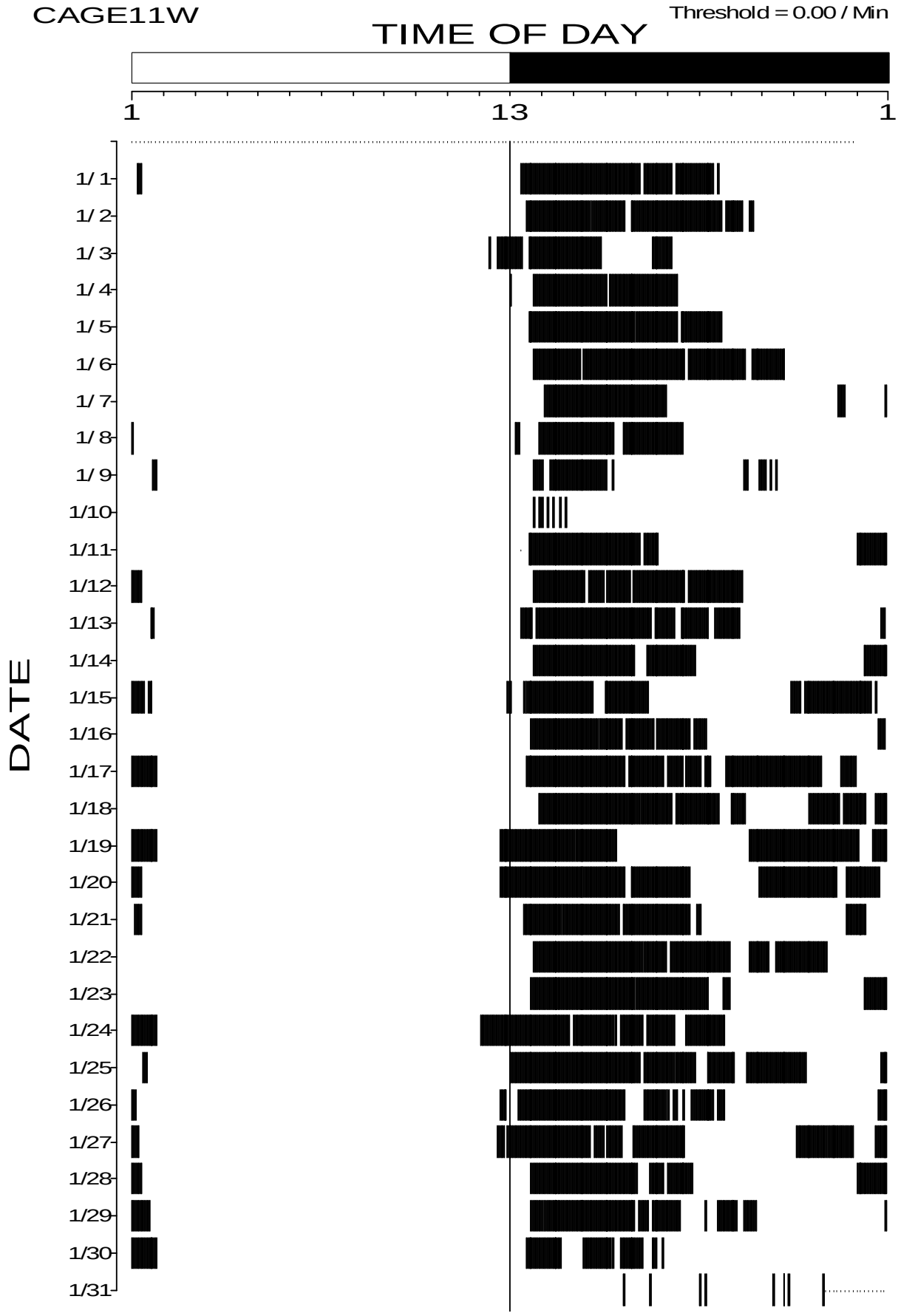


Abb. 7: Laufradaktivität (in Form eines Actogramm-Ausschnittes) von Tier 114-11 im Januar 2002.

2.4.7 Statistische Methoden

Für die statistische Auswertung der registrierten Daten wurde einerseits das Statistikprogramm NCSS 2000 (Kaysville, UT, USA), andererseits die SAS®-Software (Release 8.2, SAS Institute Inc., NC, USA, 1999) eingesetzt. Die jeweils verwendeten Tests werden direkt bei den Ergebnissen aufgeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Ethologie

Die zwanzig Versuchstiere wurden im Verlaufe der Untersuchung insgesamt dreimal mit einer Videokamera aufgenommen, um ihr Verhalten in ausgewählten Lebensabschnitten aufzuzeichnen (während der Eingewöhnungsphase mit arretiertem Laufrad; während der Jung- sowie während der Spätadultphase nach dem zweiten bzw. dritten Wurf mit funktionsfähigem Laufrad).

Aufgrund dieser Vorgehensweise wurden Momentaufnahmen der Dauer von Verhaltensparametern an ausgewählten Tagen zu definierten Zeiten dokumentiert (vgl. Grafik 1, Schwesternpaar 113-1 und 114-11, Datenaufnahme am 22.08.2001 [48. Lebenstag], das Laufrad war arretiert). Das Verhalten wurde immer während der ersten drei Stunden der Dunkelperiode aufgenommen. Die Sequenzen 1-6 entsprechen jeweils einer ausgewerteten Beobachtungszeit von fünf Minuten im halbstündigen Turnus (vgl. auch Kapitel 2.4.5).

Nachfolgend werden die dokumentierten Verhaltensweisen anhand eines Schwesternpaares exemplarisch dargestellt. Zu beobachten ist, dass das Versuchstier 113-1 zu Beginn der Dunkelperiode (Sequenzen 1-4) aktiv war, dass es seinen Bewegungsdrang abwechslungsweise durch Laufen, Klettern und Graben auslebte, dass es während der Sequenzen 1 und 3 bis zu zwei Drittel der beobachteten Zeit ruhte und während der Sequenzen 2 und 4 dafür ähnlich häufig am Gitter nagte. In den Sequenzen 5 und 6 dominierte das Ruheverhalten. Das Schwesterntier 114-11 zeigte zur gleichen Zeit am selben Ort ein ähnliches Verhaltensmuster. Zu Beginn der Dunkelperiode (Sequenzen 1 und 2) eine hohe Aktivität mit Laufen, Klettern, Graben, Sichern und Gitternagen. Die restlichen Sequenzen wurden durch inaktive Phasen dominiert, die allerdings in Sequenz 5 nochmals durch lokomotorische Aktivitäten, Gitternagen und Putzverhalten unterbrochen wurden.

Das vollständige Datenmaterial zu den registrierten Verhaltensweisen kann im Detail dem Anhang (Kapitel 7.2) entnommen werden.

Betrachtet man die Verhaltensweisen für alle Tiere mit Attrappe zusammen, dann wird ersichtlich, dass sich die Tiere während der ausgewerteten Beobachtungszeit zu einem hohen Prozentsatz inaktiv verhielten. Die Ruhephasen stiegen mit zunehmendem Lebensalter (um den 50. Lebenstag 47,6%, nach dem 3. Wurf bis 84,5%; vgl. Grafiken 2-5 und Tabellen 11-14). Umgekehrt zum Ruhen verhielten sich die lokomotorischen Aktivitäten (darin zusammengefasst wurden Laufen, Sichern, Klettern und Graben). Lag das Lokomotionsverhalten

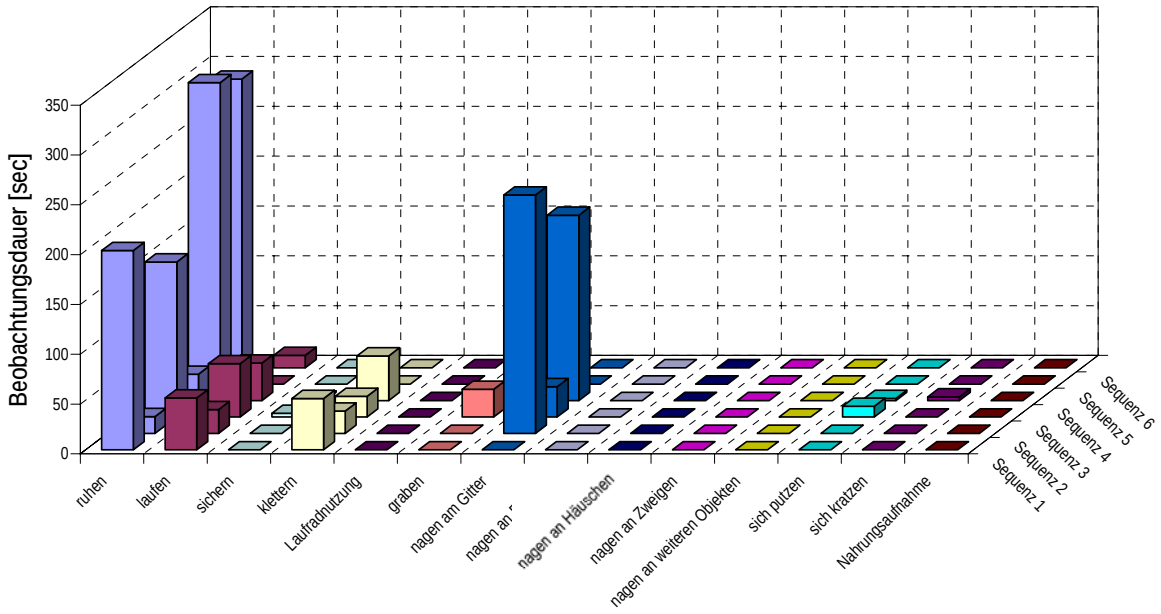
um den 50. Lebenstag bei 25,2%, so sank es bis nach dem 3. Wurf auf 4,3%. Das Nageverhalten konnte unterteilt werden in ein „physiologisches“ Nagen (Benagen von gut bearbeitbarem, natürlichem Käfiginventar wie z.B. Holzhäuschen, Zweige oder Heu). Im Gegensatz dazu stand das „stereotype“ Nagen an schlecht bearbeitbaren, künstlichen Materialien wie dem Käfiggitter oder der Trinkflasche. Betrachtet man das „physiologische“ Nagen bei den Versuchstieren mit Attrappe, so nahm dies während der dokumentierten Phase nur wenig Zeit in Anspruch (0,4% um den 50. Lebenstag, 0% um den 90. Lebenstag, 1,7% nach dem 2. Wurf und 0% nach dem 3. Wurf). Anders verhielt es sich hingegen beim „stereotypen“ Nagen am Gitter oder an der Trinkflasche (15,3% um den 50. Lebenstag, 15,7% um den 90. Lebenstag, 1,8% nach dem 2. Wurf und 0% nach dem 3. Wurf). Das Komfortverhalten (darin zusammengefasst wurde Putzen und Kratzen) behielt über die gesamte Beobachtungszeit eine ähnlich wichtige Rolle mit 5,5% um den 50. Lebenstag, 3,4% um den 90. Lebenstag, 3,6% nach dem 2. Wurf und 6,1% nach dem 3. Wurf. Auch die Werte für die Nahrungsaufnahme waren während der gesamten Beobachtungszeit ähnlich hoch, eine Ausnahme bildete der Wert nach dem 2. Wurf (6,0% um den 50. Lebenstag, 4,7% um den 90. Lebenstag, 0,9% nach dem 2. Wurf und 5,1% nach dem 3. Wurf).

Auch bei den Versuchstieren mit Laufrad machte das Ruheverhalten prozentual den grössten Anteil der Beobachtungsdauer aus (vgl. Grafiken 2-5 und Tabellen 11-14). Die Werte reichten von 51,6% um den 50. Lebenstag bis hin zu 93,2% nach dem 3. Wurf. Umgekehrt dazu verhielt sich wiederum das Lokomotionsverhalten (Laufen, Sichern, Klettern und Graben) mit 17,8% um den 50. Lebenstag bis 1,0% nach dem 3. Wurf. Statistischen Auswertungen zufolge korreliert die Laufradnutzung über alle vier Videodurchgänge mit dem Sichern (SAS, Pearson Correlation Coefficients $r=0,84$, $p<0,0001$).

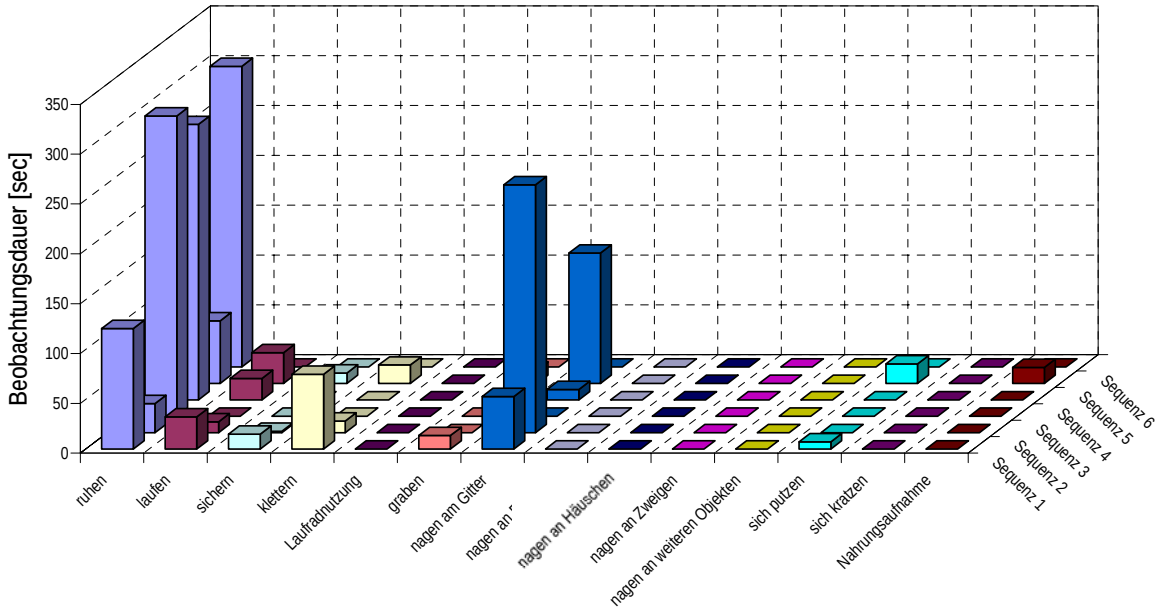
Als spezielles Lokomotionsverhalten wurde die Laufradnutzung im Detail betrachtet, die parallel zum restlichen Lokomotionsverhalten mit zunehmendem Alter der Versuchstiere abnahm (0% um den 50. Lebenstag, da zu jenem Zeitpunkt das Laufrad noch arretiert war, 18% um den 90. Lebenstag, 14,7% nach dem 2. Wurf und 3,2% nach dem 3. Wurf). Das „physiologische“ Nagen zeigte ähnlich niedrige Werte wie bei den Versuchstieren mit Attrappe und war praktisch nicht vorhanden (0,5% um den 50. Lebenstag, 0,1% um den 90. Lebenstag und jeweils 0% nach dem 2. bzw. 3. Wurf). Das „stereotype“ Nagen wurde um den 50. Lebenstag zu 17,9%, um den 90. Lebenstag zu 3,2%, nach dem 2. Wurf zu 4,5% und nach dem 3. Wurf nicht gezeigt. Das Komfortverhalten nahm während der gesamten Beobachtungszeit eine unterschiedlich wichtige Rolle ein mit 3,9% um den 50. Lebenstag, 10,8% um den 90. Lebenstag, 9,7% nach dem 2. Wurf und 2,6% nach dem 3. Wurf. Die Nahrungsaufnahme

sank während der Beobachtungszeit kontinuierlich von 8,3% um den 50. Lebenstag bis hin zu 0% nach dem 3. Wurf.

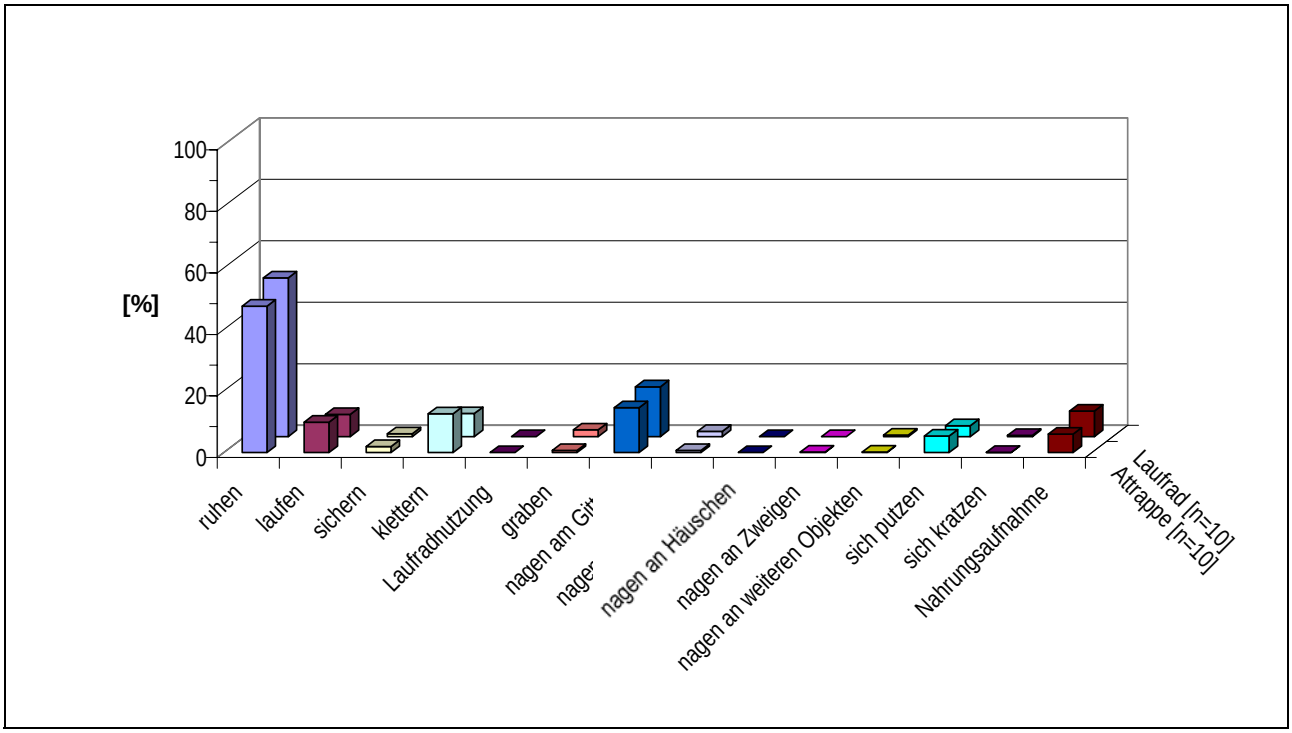
Versuchstier 113-1, Datenaufzeichnung am 22.08.2001



Versuchstier 114-11, Datenaufzeichnung am 22.08.2001



Grafik 1: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 113-1 und 114-11 am 48. Lebenstag. Das Laufrad war zur Zeit der Aufnahme noch arretiert.

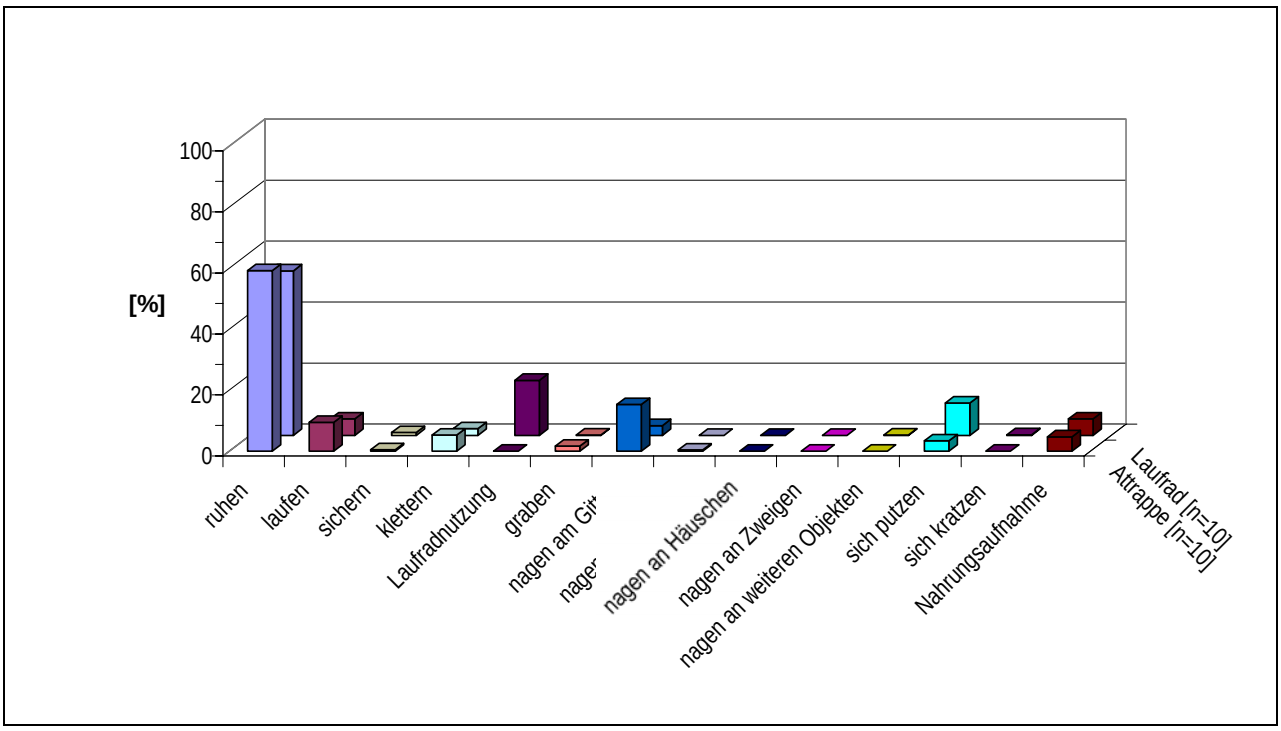


Grafik 2: Vergleich der Verhaltensweisen bei Tieren mit Attrappe [n=10] bzw. mit arretiertem Laufrad [n=10] um den 50. Lebenstag.

Tabelle 11: Mittelwerte [sec] und Standardabweichungen der registrierten Verhaltensweisen um den 50. Lebenstag sowie signifikante Unterschiede zwischen den Tiergruppen mit Attrappe [n=10] bzw. mit Laufrad [n=10].

Verhaltensweise	Tiere mit Attrappe		Tiere mit Laufrad		Statistisch gesicherte Unterschiede zwischen beiden Gruppen (NCSS, gepaarter t-Test)
	Mittelwert	Standard-abweichung	Mittelwert	Standard-abweichung	
ruhen	838.5	±313.1	941.2	±315.9	-
laufen	210.4	± 92.2	135.1	± 74.6	p<0,05
sichern	35.7	± 52.6	15.9	± 13.4	p<0,05
klettern	228.5	±192.4	136.7	±110.3	-
Laufradnutzung	0	-	0	-	-
graben	13.2	± 18.4	41.0	± 77.0	-
nagen am Gitter	266.2	±182.8	295.9	±216.5	(*)-
nagen an Flasche	12.2	± 34.3	30.6	± 45.7	
nagen an Häuschen	0	-	0	-	(*)-
nagen an Zweigen	3.4	± 10.8	0	-	
nagen an weiteren Objekten	4.5	± 10.1	10.0	± 15.7	
sich putzen	99.4	± 79.4	63.2	± 66.3	(*)-
sich kratzen	1.0	± 1.6	7.1	± 9.0	
Nahrungsaufnahme	108.4	± 99.6	151.5	± 87.7	-

(*) Für die statistischen Auswertungen wurden die Verhaltensparameter „nagen am Gitter“ und „nagen an Flasche“ unter stereotypes Nagen zusammengefasst; die Parameter „nagen an Häuschen“, „nagen an Zweigen“ und „nagen an weiteren Objekten“ unter physiologisches Nagen; die Parameter „sich putzen“ und „sich kratzen“ unter Komfortverhalten.

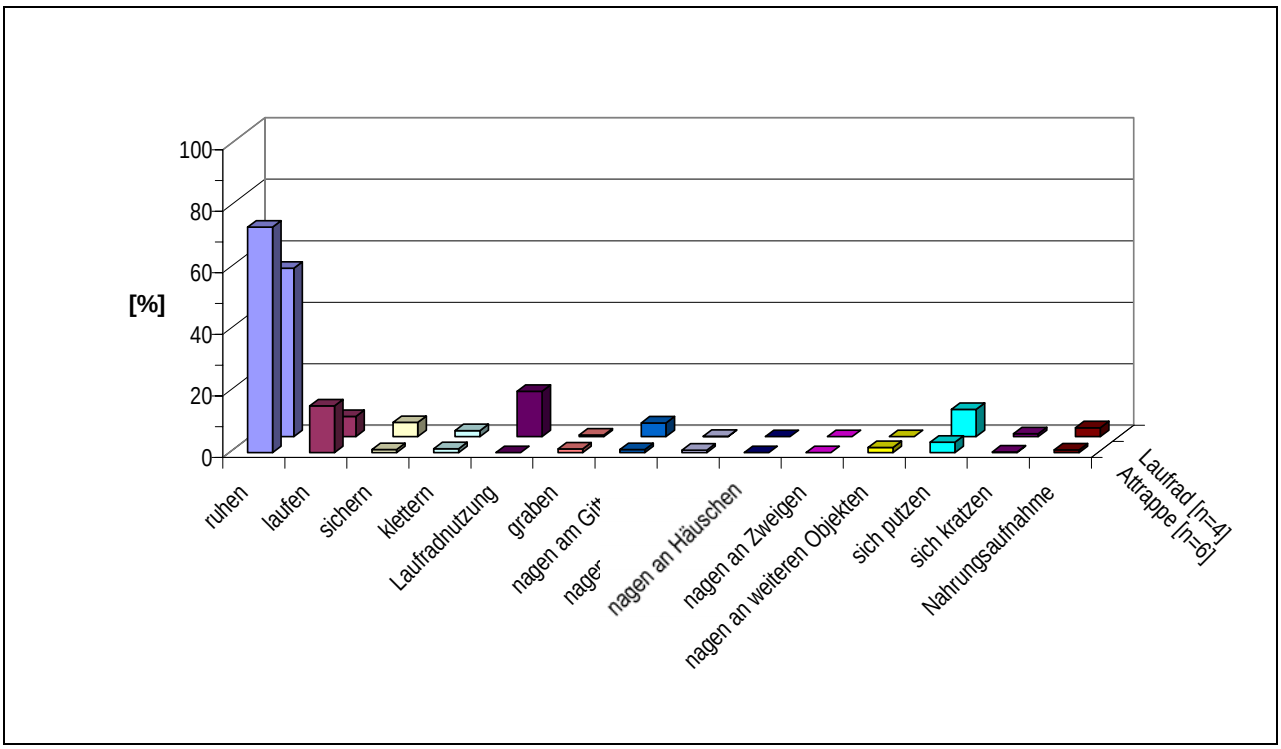


Grafik 3: Vergleich der Verhaltensweisen bei Tieren mit Attrappe [n=10] bzw. mit funktionierendem Laufrad [n=10] um den 90. Lebenstag.

Tabelle 12: Mittelwerte [sec] und Standardabweichungen der registrierten Verhaltensweisen um den 90. Lebenstag sowie signifikante Unterschiede zwischen den Tiergruppen mit Attrappe [n=10] bzw. mit Laufrad [n=10].

Verhaltensweise	Tiere mit Attrappe		Tiere mit Laufrad		Statistisch gesicherte Unterschiede zwischen beiden Gruppen (NCSS, gepaarter t-Test)
	Mittelwert	Standard-abweichung	Mittelwert	Standard-abweichung	
ruhen	1069.6	± 375.1	969.3	± 517.2	-
laufen	171.5	± 308.2	97.1	± 91.6	-
sichern	9.7	± 10.6	16.8	± 14.9	-
klettern	94.8	± 124.6	40.1	± 113.5	-
Laufradnutzung	0	-	324.4	± 517.0	-
graben	30.3	± 70.4	0.7	± 1.6	-
nagen am Gitter	277.0	± 283.8	57.2	± 122.2	(*)p<0,05
nagen an Flasche	6.9	± 15.2	0	-	
nagen an Häuschen	0	-	0	-	(*)-
nagen an Zweigen	0	-	0	-	
nagen an weiteren Objekten	0	-	1.0	± 2.4	
sich putzen	60.6	± 51.1	190.4	± 245.3	(*)p<0,05
sich kratzen	0.2	± 0.4	3.6	± 8.1	
Nahrungsaufnahme	85.3	± 107.0	97.9	± 94.4	-

(*) Für die statistischen Auswertungen wurden die Verhaltensparameter „nagen am Gitter“ und „nagen an Flasche“ unter stereotypes Nagen zusammengefasst; die Parameter „nagen an Häuschen“, „nagen an Zweigen“ und „nagen an weiteren Objekten“ unter physiologisches Nagen; die Parameter „sich putzen“ und „sich kratzen“ unter Komfortverhalten.

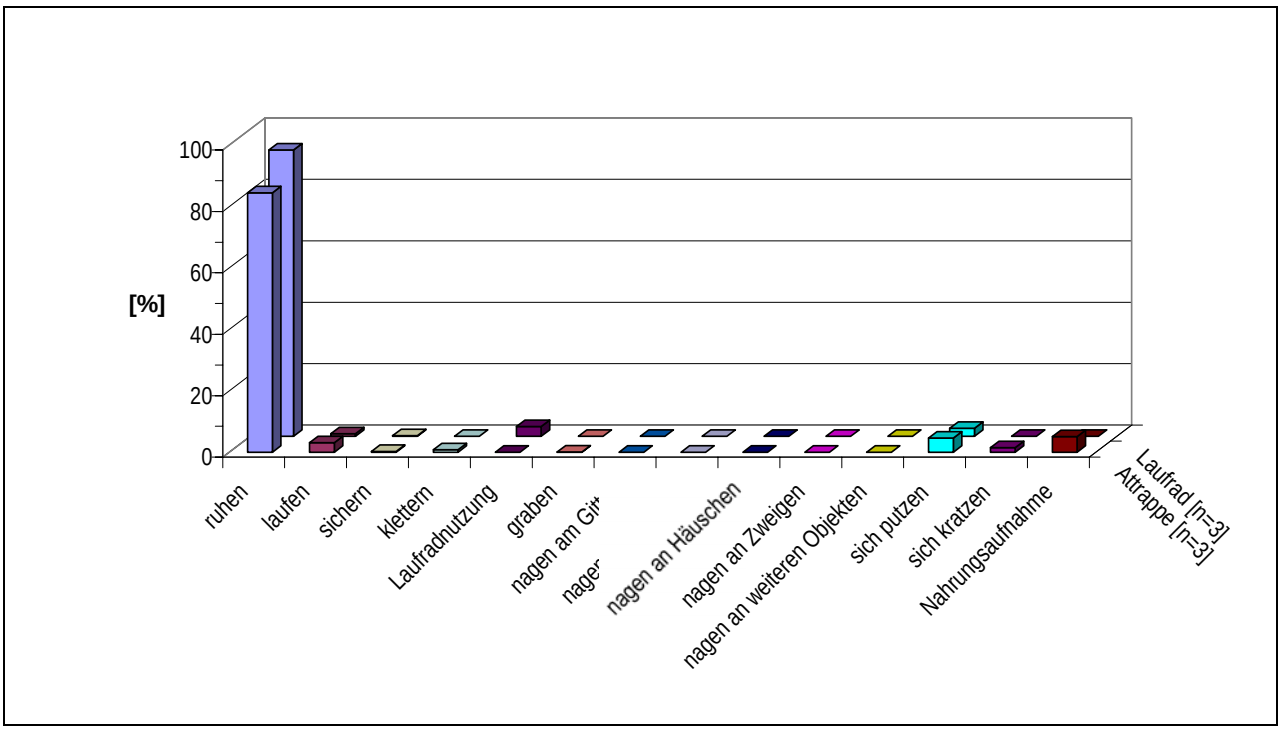


Grafik 4: Vergleich der Verhaltensweisen bei Tieren mit Attrappe [n=6] bzw. mit funktionierendem Laufrad [n=4] nach dem 2. Wurf.

Tabelle 13: Mittelwerte [sec] und Standardabweichungen der registrierten Verhaltensweisen nach dem 2. Wurf sowie signifikante Unterschiede zwischen den Tiergruppen mit Attrappe [n=6] bzw. mit Laufrad [n=4].

Verhaltensweise	Tiere mit Attrappe		Tiere mit Laufrad		Statistisch gesicherte Unterschiede zwischen beiden Gruppen (SAS, Kruskal-Wallis-Test)
	Mittelwert	Standard-abweichung	Mittelwert	Standard-abweichung	
ruhen	1331.5	± 350.2	993.6	± 526.5	-
laufen	276.0	± 310.2	117.3	± 58.0	-
sichern	18.5	± 19.5	84.1	± 61.2	p=0,05
klettern	29.0	± 52.8	34.5	± 39.4	-
Laufradnutzung	0	-	267.3	± 258.2	-
graben	21.2	± 47.3	8.7	± 5.9	-
nagen am Gitter	17.8	± 43.5	80.0	± 128.8	(*)-
nagen an Flasche	14.6	± 35.6	2.4	± 2.7	
nagen an Häuschen	0	-	0	-	(*)-
nagen an Zweigen	0	-	0	-	
nagen an weiteren Objekten	30.8	± 63.9	0	-	
sich putzen	61.7	± 83.4	160.1	± 79.2	(*)-
sich kratzen	3.4	± 3.5	16.9	± 10.4	
Nahrungsaufnahme	16.2	± 28.0	53.1	± 64.4	-

(*) Für die statistischen Auswertungen wurden die Verhaltensparameter „nagen am Gitter“ und „nagen an Flasche“ unter stereotypes Nagen zusammengefasst; die Parameter „nagen an Häuschen“, „nagen an Zweigen“ und „nagen an weiteren Objekten“ unter physiologisches Nagen; die Parameter „sich putzen“ und „sich kratzen“ unter Komfortverhalten.



Grafik 5: Vergleich der Verhaltensweisen bei Tieren mit Attrappe [n=3] bzw. mit funktionierendem Laufrad [n=3] nach dem 3. Wurf.

Tabelle 14: Mittelwerte [sec] und Standardabweichungen der registrierten Verhaltensweisen nach dem 3. Wurf sowie signifikante Unterschiede zwischen den Tiergruppen mit Attrappe [n=3] bzw. mit Laufrad [n=3].

Verhaltensweise	Tiere mit Attrappe		Tiere mit Laufrad		Statistisch gesicherte Unterschiede zwischen beiden Gruppen (SAS, Kruskal-Wallis-Test)
	Mittelwert	Standard-abweichung	Mittelwert	Standard-abweichung	
ruhen	1536.1	± 148.1	1705.2	± 179.6	-
laufen	56.5	± 12.5	14.4	± 19.7	p<0,05
sichern	4.3	± 3.7	4.0	± 6.9	-
klettern	15.0	± 14.9	0	-	-
Laufradnutzung	0	-	57.8	± 100.1	-
graben	0.9	± 1.5	0	-	-
nagen am Gitter	0	-	0	-	(*)-
nagen an Flasche	0	-	0	-	
nagen an Häuschen	0	-	0	-	(*)-
nagen an Zweigen	0	-	0	-	
nagen an weiteren Objekten	0	-	0	-	
sich putzen	84.1	± 98.6	48.1	± 54.6	(*)-
sich kratzen	27.3	± 43.8	0	-	
Nahrungsaufnahme	93.4	± 161.8	0	-	-

(*) Für die statistischen Auswertungen wurden die Verhaltensparameter „nagen am Gitter“ und „nagen an Flasche“ unter stereotypes Nagen zusammengefasst; die Parameter „nagen an Häuschen“, „nagen an Zweigen“ und „nagen an weiteren Objekten“ unter physiologisches Nagen; die Parameter „sich putzen“ und „sich kratzen“ unter Komfortverhalten.

3.2 Laufradaktivität

Besonderes Augenmerk wurde in dieser Studie der Laufradaktivität als speziellem Lokomotionsverhalten beigemessen. Mit Hilfe der Chronobiology-Kit® Software konnte das Laufradverhalten für alle neun Versuchstiere circadian registriert werden (das Versuchstier 84-13 verendete vor Beginn der Datenaufzeichnung). Exemplarisch sollen an dieser Stelle die Daten des Versuchstieres 114-11 im Detail erläutert werden (vgl. Grafik 6). Informationen zur Laufradnutzung der übrigen Versuchstiere können dem Anhang (vgl. Kapitel 7.3) entnommen werden.

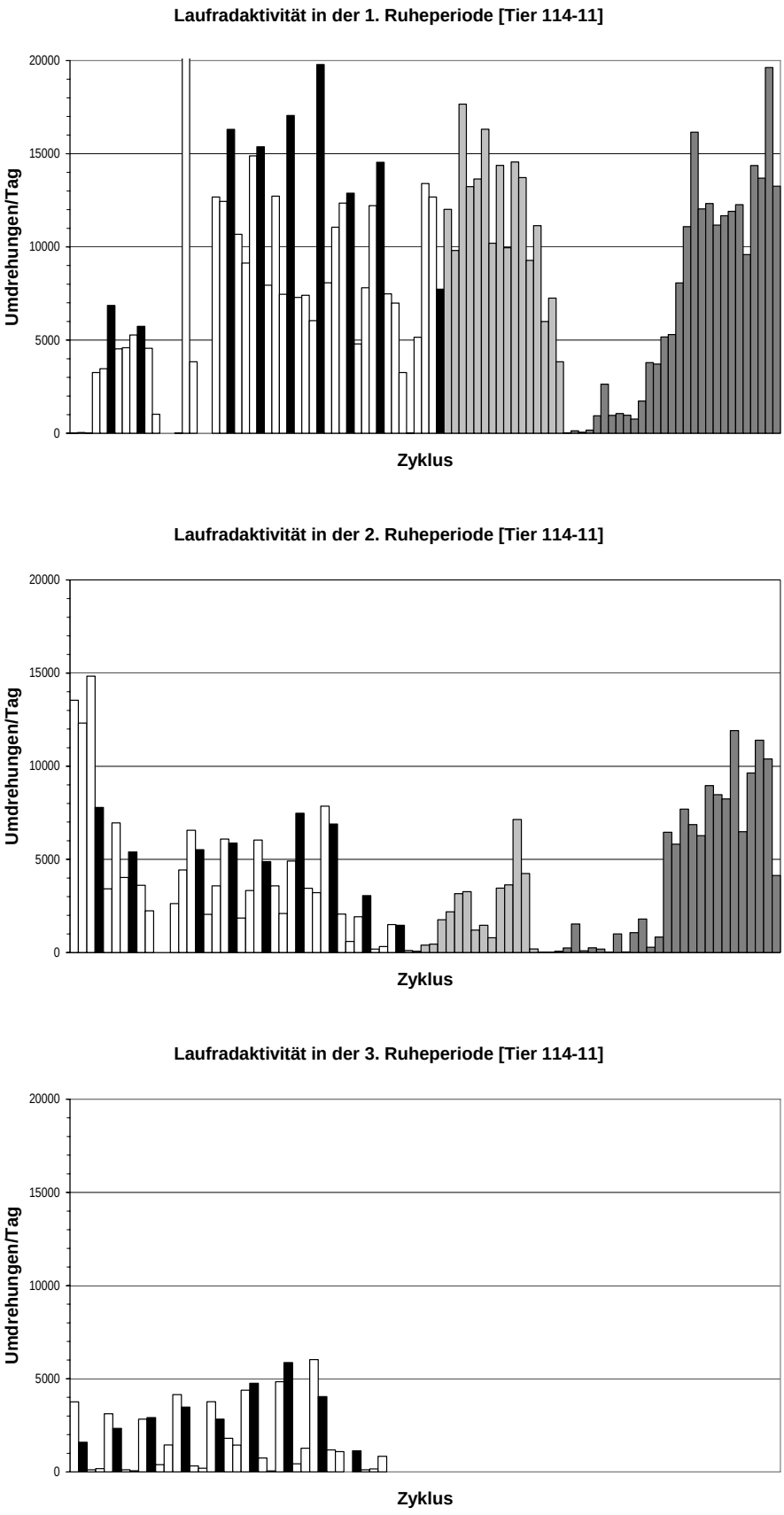
Die drei Abbildungen der Grafik 6 stellen auf der X-Achse die Zeitspanne vom 26.11.2001 bis zum 01.07.2002 fortlaufend dar. Diese Zeitspanne entspricht der Datenaufnahme der Laufradaktivität. Die weissen Säulen zu Beginn der Zeitachse zeigen die erste Ruheperiode nach dem ersten Wurf. Schwarz markierte Säulen bezeichnen die errechneten Östrustage des Versuchstieres. Bei den Versuchstieren 111-19 und 109-20 (vgl. Grafiken 76 und 77) konnten im letzten Abschnitt keine Östri mehr bestimmt werden, da die Paarungen für den vierten Wurf bei diesen Tieren akonzeptionell geblieben waren und somit keine Konzeption als Ausgangspunkt für die Festlegung der Östrusintervalle zur Verfügung stand. Die der Ruheperiode nachfolgenden hellgrauen Säulen entsprechen der zweiten Trächtigkeit, dunkelgraue Säulen der anschliessenden zweiten Laktation und so fort. Am 11.12.2001 war es zu einem ungeklärten technischen Zwischenfall gekommen, wobei die Laufraddaten sämtlicher Versuchstiere übermässig erhöht waren. Diese Daten wurden für die Auswertungen nicht berücksichtigt.

Hinsichtlich der Laufradaktivität fällt auf, dass die Versuchstiere tendenziell mit zunehmendem Alter das Laufrad immer weniger nutzten. Allerdings muss an dieser Stelle auch auf die grossen individuellen Unterschiede hingewiesen werden (z.B. Versuchstier 89-16, das während der ganzen Datenregistrierung das Laufrad nur spärlich nutzte; im Gegensatz zu Versuchstier 109-20, das in derselben Zeitspanne einen beträchtlichen Teil seiner Zeit im Laufrad verbrachte; vgl. Grafiken 73 und 77).

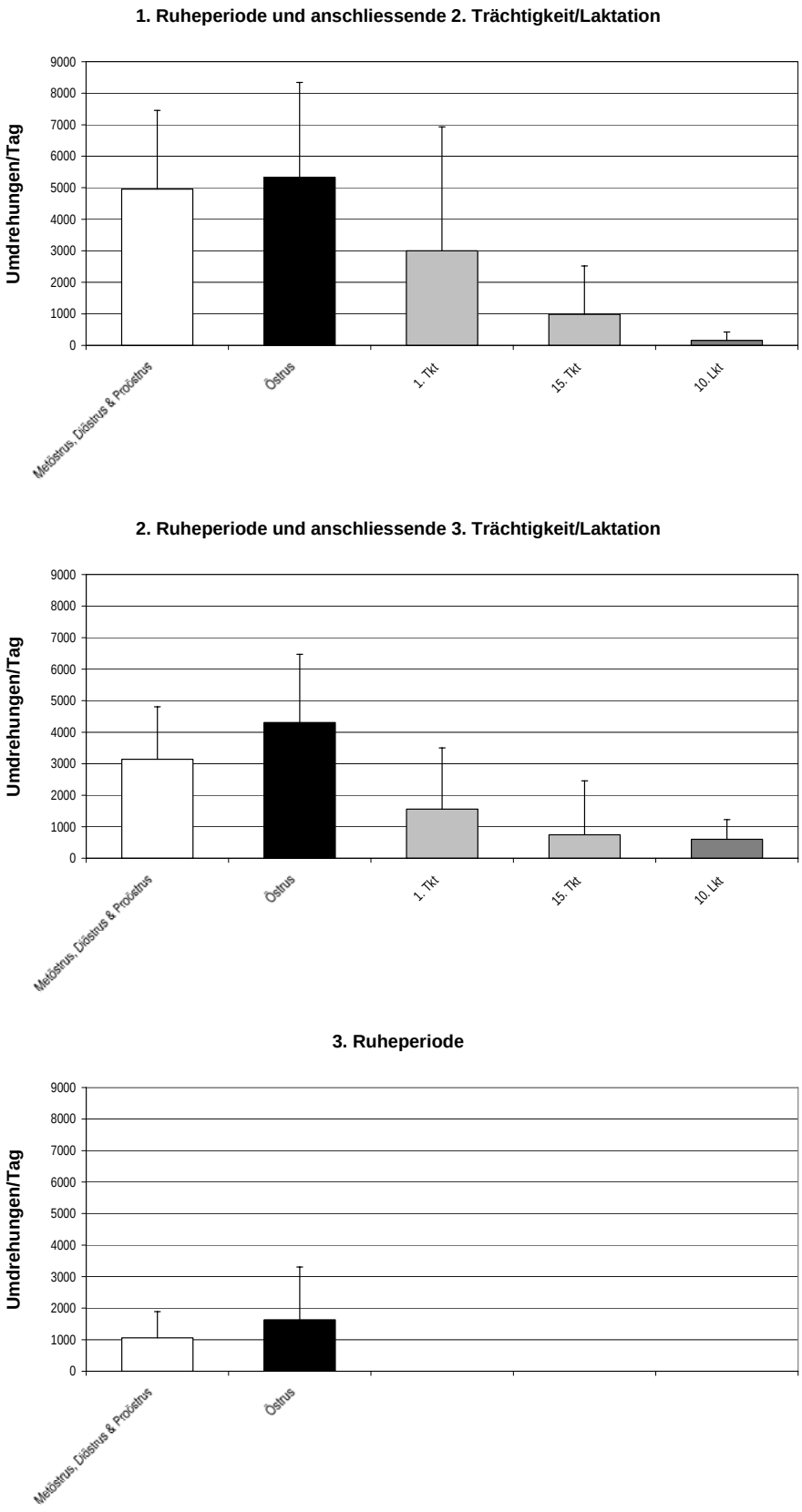
Eine drastische Senkung des Laufradgebrauchs trat immer unmittelbar nach der Geburt eines Wurfes auf. Wurden die Jungtiere dann auch aufgezogen, so hielt diese stark verminderte Laufradaktivität ungefähr während der ersten zehn Tage der Laktation an. Wurden die Jungtiere hingegen aufgrund eines Aborts, Geburtskomplikationen oder Kronismus nicht aufgezogen, so begann das Versuchstier bereits früher, das Laufrad wieder vermehrt zu nutzen.

Die maximalen Umdrehungszahlen pro Tag lagen zwischen 6357 (Tier 78-12; vgl. Grafik 70), was einer effektiven Laufleistung von 5989 Metern entsprach, und 19’782 Umdrehungen (Tier 114-11; vgl. Grafik 6), mit einer im Laufrad zurückgelegten Laufleistung von 18'635 Metern pro Tag. Die Laufleistung wurde aus dem Laufradumfang (nach der Formel 2π r, entspricht 0,94 m), und der Anzahl der Umdrehungen/Tag berechnet. Für die Bestimmung der Maximalwerte wurden nur die Daten während der Ruheperioden und der Trächtigkeiten berücksichtigt, weil sich dann die Versuchstiere allein im Käfig befanden. Die Laufraddaten während der Laktationen lagen teilweise höher, aber hier konnte nicht differenziert werden, welchen Anteil die Jungtiere an der Laufradnutzung hatten.

Grafik 7 zeigt zusammenfassend für alle neun Laufradtiere die Zyklus- und Alters-abhängigkeit der Laufradaktivität auf. Zu berücksichtigen ist einerseits, dass die Östrustage lediglich errechnet und nicht durch Vaginalzytologie bestimmt wurden. Andererseits wurden die Laufleistungen durch das Computerprogramm im 24-Stunden-Turnus aufgezeichnet (vgl. Darstellung der Grafiken 6-7 und 70-77). Die Dauer des Proöstrus beträgt allerdings 28 Stunden und die des Östrus 16 Stunden (GATTERMANN 1996). Durch die Zusammenfassung der Met-, Di- und Proöstri zu Zwischenöstrusintervallen wird somit nicht ersichtlich, dass die Laufleistungen im Proöstrus ähnlich hoch lagen wie während des Östrus.



Grafik 6: Laufradaktivität von Versuchstier 114-11 zwischen 26.11.2001 und 01.07.2002.
Weiss: Ruheperiode; Schwarz: errechnete Östri; Hellgrau: Gravidität; Dunkelgrau: Laktation.



Grafik 7: Mittlere Laufradaktivität in ausgewählten Phasen der Reproduktion zwischen 26.11.2001 und 01.07.2002.
Weiss: Metöstrus-, Diöstrus- und Proöstrusphase; Schwarz: errechnete Östri;
Hellgrau: Gravidität; Dunkelgrau: Laktation.

3.3 Ultraschall

3.3.1 Messung der inguinalen Fettpolster

Mittels Ultraschalltechnik wurde beidseitig die Dicke der inguinalen Fettpolster gemessen. Die Versuchstiere wurden dazu mittels Inhalationsnarkose immobilisiert und danach in Rückenlage positioniert. Es wurden jeweils drei Messungen durchgeführt (vgl. Abbildungen 5 und 6, Kapitel 2.4.3) und anschliessend die Mittelwerte daraus berechnet.

Vergleicht man die Werte der Versuchstiere mit Attrappe mit denjenigen von Tieren mit Laufrad, dann zeigt sich ein heterogenes Bild. Signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen konnten nicht nachgewiesen werden. Bei der ersten und zweiten Messung im Alter von etwa zwei bzw. fünf Monaten wiesen die Versuchstiere mit Attrappe dickere Fettpolster auf (vgl. Grafik 8). Bei der dritten Messung im Alter von etwa acht Monaten waren die Werte für beide Versuchstiergruppen annähernd gleich hoch. Hier muss jedoch beachtet werden, dass sich die Tierzahl im Verlauf der Messungen aufgrund von Todesfällen unbekannter Ätiologie verringert hatten und beispielsweise bei der dritten Messung aus der Laufradgruppe nur noch ein Tier zur Verfügung stand.

Bei den Versuchstieren mit Attrappe schwankten die Durchschnittswerte der Fettpolsterdicke über die sechs Monate der Datenaufzeichnung nur wenig (2,60 mm bei der ersten; 2,82 mm bei der zweiten und 2,81 mm bei der dritten Messung; vgl. Tabelle 15). Anders stellte sich die Situation bei den Tieren mit Laufrad dar. Die Durchschnittswerte lagen im Alter von zwei Monaten bei arretiertem Laufrad höher (2,35 mm) als mit fünf Monaten bei funktionsfähigem Laufrad (1,80 mm). Das einzige Tier, das bis zur dritten Messung überlebte, wies zu jenem Zeitpunkt mit 2,82 mm wieder einen deutlich höheren Wert auf.

Tabelle 15: Ergebnisse der Ultraschalluntersuchungen: Dicke der inguinalen Fettpolster (Mittelwerte und Standardabweichungen in mm).
n = Anzahl der untersuchten Tiere.

	Dicke der inguinalen Fettpolster		Statistisch gesicherte Unterschiede zwischen beiden Gruppen (NCSS, Two-Sample Test)
	Tiere mit Attrappe	Tiere mit Laufrad	
1. Messung	2,60 ± 0,63 [n=5]	2,35 ± 0,73 [n=5]	-
2. Messung	2,82 ± 1,15 [n=4]	1,80 ± 0,52 [n=3]	-
3. Messung	2,81 ± 0,49 [n=3]	2,82 [n=1]	-

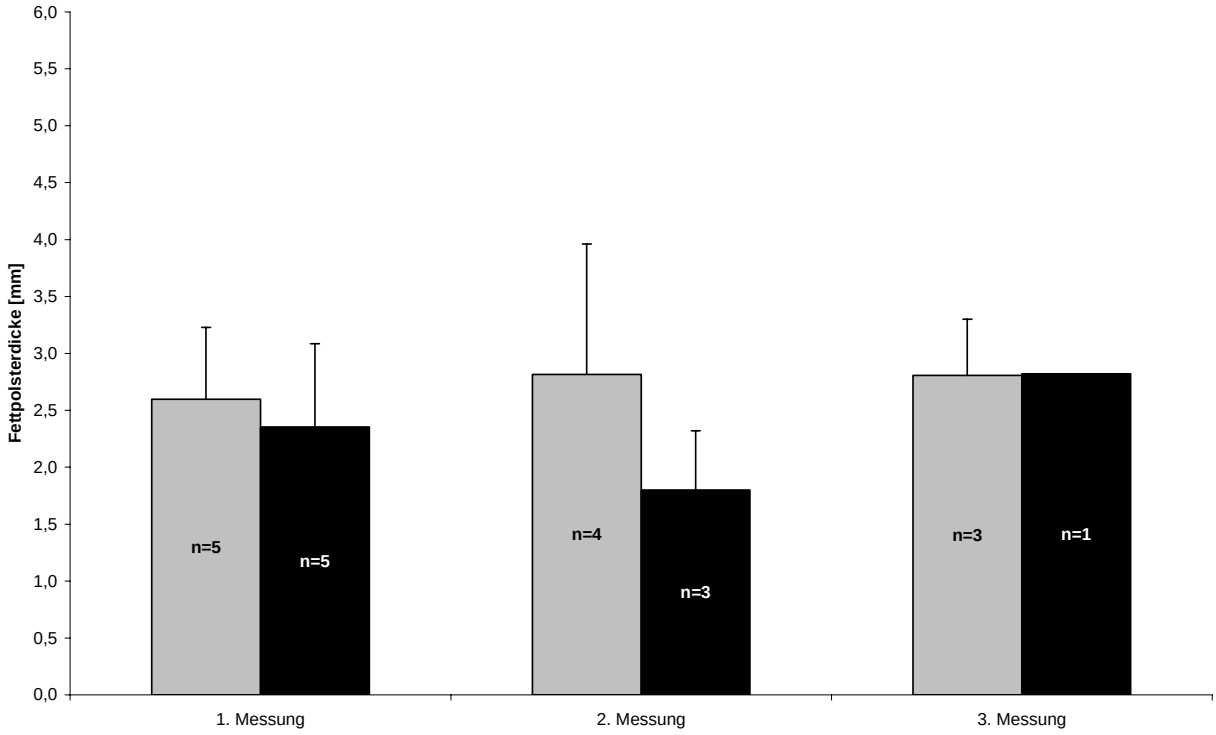
3.3.2 Messung des linken M. quadriceps femoris

Nach der Darstellung der inguinalen Fettpolster wurden die Versuchstiere in Rückenlage belassen, die linke hintere Extremität wurde jedoch gestreckt und im Knie nach innen rotiert (vgl. Kapitel 2.4.3), um die Dicke der Quadricepsmuskulatur ultrasonographisch darstellen zu können. Wiederum wurden jeweils drei Messungen durchgeführt und anschliessend der Mittelwert für das Einzeltier daraus berechnet.

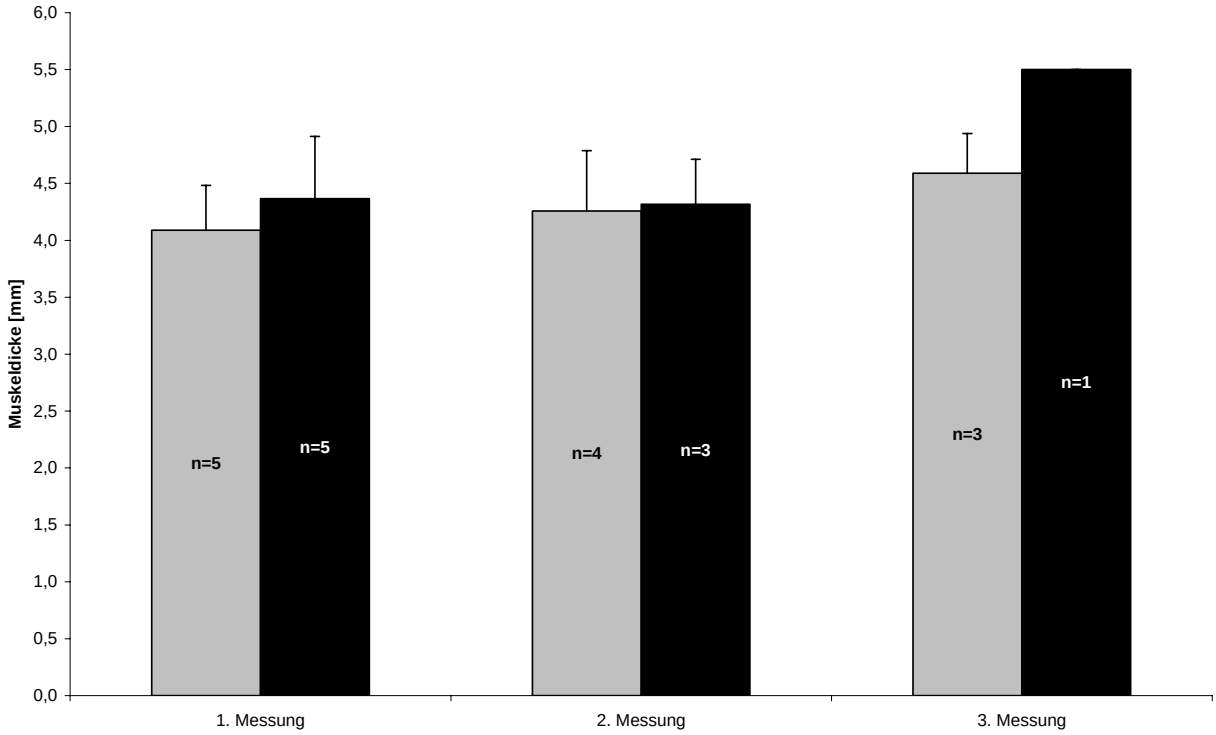
Die Versuchstiere mit Laufrad wiesen bei der ersten Untersuchung im Alter von zwei Monaten bei arretiertem Laufrad einen leicht dickeren Muskelsagitalschnitt auf als die Schwesterntiere mit Attrappe (vgl. Tabelle 16 und Grafik 9). Bei der zweiten Messung blieben die Werte ähnlich hoch, die Differenz zwischen beiden Gruppen verringerte sich aber noch. Das einzig verbliebene Tier aus der Laufradgruppe wies bei der dritten Messung mit 5,50 mm einen deutlich höheren Wert auf. Insgesamt lagen die erhobenen Messwerte bei den Versuchstieren mit Laufrad stets über denjenigen der Schwesterntiere mit Attrappe, signifikante Unterschiede konnten jedoch nicht nachgewiesen werden.

Tabelle 16: Ergebnisse der Ultraschalluntersuchungen: Dicke der Quadriceps-Muskulatur (Mittelwerte und Standardabweichungen in mm).
n = Anzahl der untersuchten Tiere.

	Dicke der Quadriceps-Muskulatur		Statistisch gesicherte Unterschiede zwischen beiden Gruppen (NCSS, Two-Sample Test)
	Tiere mit Attrappe	Tiere mit Laufrad	
1. Messung	4,09 ± 0,39 [n=5]	4,40 ± 0,55 [n=5]	-
2. Messung	4,26 ± 0,53 [n=4]	4,30 ± 0,39 [n=3]	-
3. Messung	4,59 ± 0,35 [n=3]	5,50 [n=1]	-



Grafik 8: Mittlere Dicke der inguinalen Fettpolster zum Zeitpunkt der drei Ultraschalluntersuchungen.
Hellgrau: Versuchstiere mit Attrappe; Schwarz: Versuchstiere mit Laufrad;
n = Anzahl der Versuchstiere.



Grafik 9: Mittlere Dicke des linken M. quadriceps femoris zum Zeitpunkt der drei Ultraschalluntersuchungen.
Hellgrau: Versuchstiere mit Attrappe; Schwarz: Versuchstiere mit Laufrad;
n = Anzahl der Versuchstiere.

3.4 Körpergewichtsentwicklung

3.4.1 Morphologischer Teil

In den Grafiken 10 und 78-81 wurde die Körpergewichtsentwicklung jeweils eines Schwesternpaares aus dem morphologischen Teil der Studie dargestellt (weisse Markierung: Versuchstier mit Attrappe; schwarze Markierung: Versuchstier mit Laufrad; dazugehörend die rechte Y-Achse mit der Körpergewichtsskala). Die Tiere wurden in regelmässigen Abständen von jeweils zehn Tagen gewogen. Detailliert erläutert wird die Grafik 10 des Schwesternpaares 245-31 (mit Laufrad) und 249-32 (mit Attrappe). Die grafische Darstellung der Körpergewichtsentwicklung der übrigen Schwesternpaare können dem Anhang (vgl. Kapitel 7.4) entnommen werden.

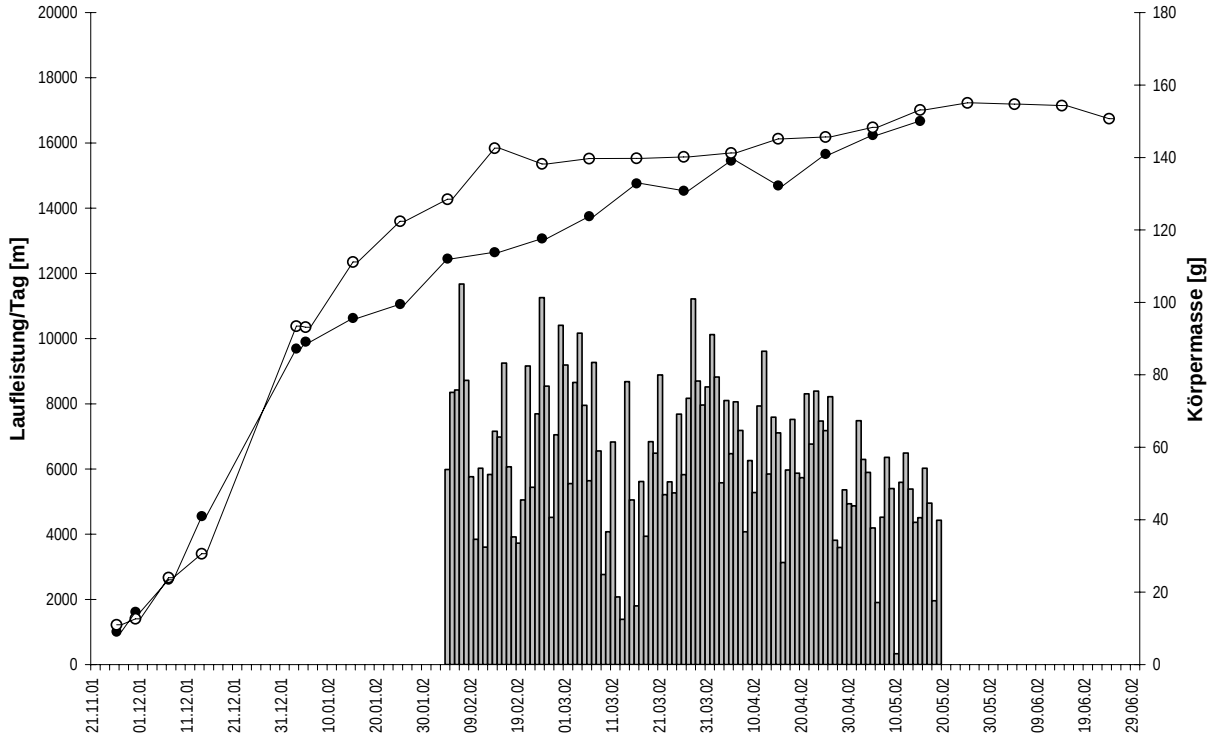
Da bei diesen Tieren die Beeinflussung durch Trächtigkeit und Laktation fehlte, kann eine physiologische, sigmoide Wachstumskurve „ohne Störungen“ verfolgt werden. Starke Gewichtszunahme zeigte sich in den ersten drei Lebensmonaten. Danach erreichten die Versuchstiere unterschiedlich rasch ihr Adultgewicht und hielten dieses mit kleinen Schwankungen recht konstant. Dargestellt wird dies im annähernd waagrechten Verlauf der Körpergewichtskurve. Auffallend ist die Tatsache, dass beim Versuchstier mit Attrappe die Steigung der Gewichtskurve steiler verläuft, und das Tier früher sein Adultgewicht erreichte als sein Schwesterntier mit Laufrad.

Parallel zur Körpergewichtsentwicklung wird in derselben Grafik das Laufradverhalten in Form von Säulen dargestellt (dazugehörend die linke Y-Achse mit der Laufleistung pro Tag). Während der ersten Hälfte der Datenaufzeichnung zeigte sich ein Anstieg der Laufradaktivität mit einzelnen, deutlich höheren Werten. Da diese Tiere unverpaart blieben, konnte den Laufradwerten auch kein Östrusstadium zugeordnet werden, und es blieb unklar, ob die hohen Laufleistungen mit dem weiblichen Zyklus einhergingen. Solange die hohe Laufleistung anhielt, blieb das Körpergewicht des Versuchstieres mit Laufrad deutlich unter demjenigen seiner Schwester mit Attrappe. Die zweite Hälfte der Datenaufzeichnung war durch einen regelmässigen Abfall der Laufleistung gekennzeichnet. Parallel dazu stieg das Körpergewicht des Versuchstieres mit Laufrad an und näherte sich dem Adultgewicht seines Schwesterntieres mit Attrappe. Leider ist das Versuchstier mit Laufrad vorzeitig verstorben, sodass die vergleichende Datenaufnahme nicht bis zum Versuchsende, das heisst bis zum 300. Lebenstag, durchgeführt werden konnte.

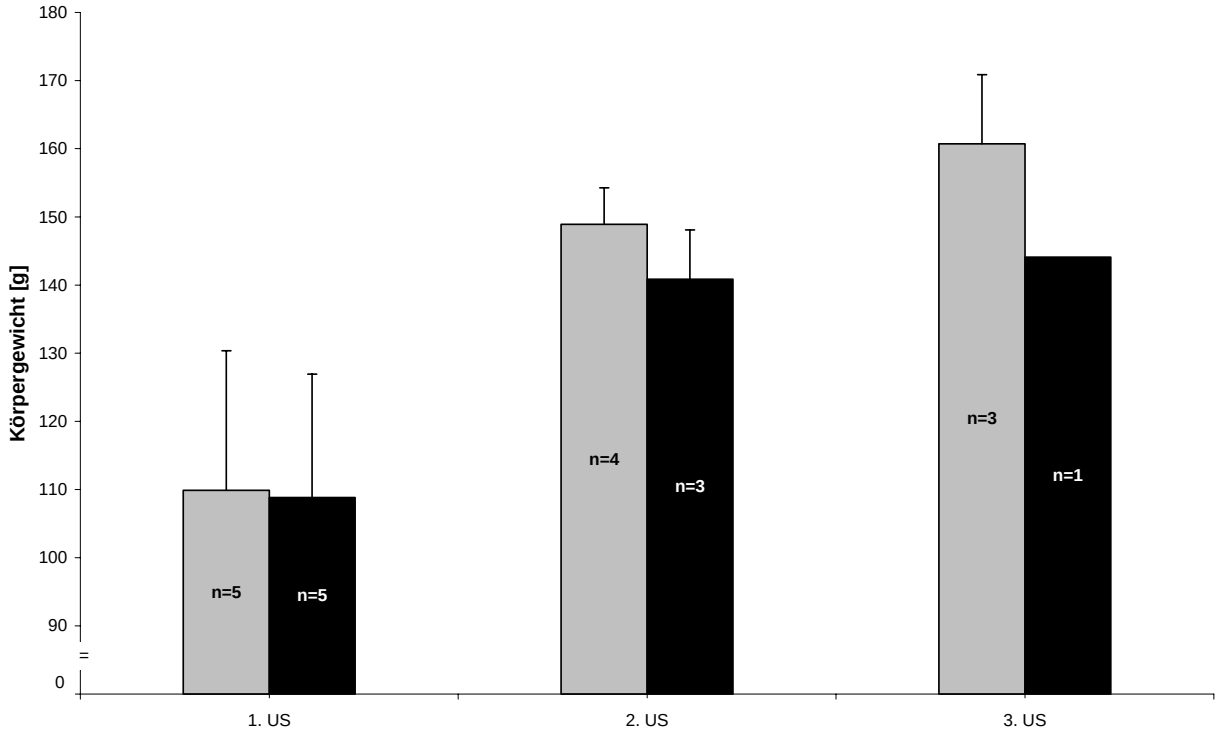
In Grafik 78 wird anhand des Einbruchs der Körpergewichtsentwicklung bei beiden Schwesterntieren ersichtlich, dass sie über einige Tage gesundheitlich beeinträchtigt waren

(erst das Versuchstier mit Attrappe, ungefähr zwei Wochen versetzt dazu das Schwesterntier mit Laufrad; Symptome vgl. Kapitel 4.1). In dieser Zeit wurde auch das Laufrad vom Versuchstier 218-33 nicht benutzt. Sobald sich die Tiere aber erholt hatten, zeigte auch die Wachstumskurve wieder eine sigmoide Entwicklung, und die Laufradaktivität stieg stark an. Wie bei allen übrigen Schwesternpaaren (vgl. Grafiken 78-81) war auch hier eines der Tiere vorzeitig verstorben.

Um die Körpergewichte der beiden Gruppen (Tiere mit Attrappe bzw. mit Laufrad) direkt miteinander vergleichen zu können, wurden als Referenzpunkte die Gewichtswerte an den Tagen der drei Ultraschallmessungen ausgewählt (vgl. Grafik 11). Diese Messungen wurden bei allen Tieren innerhalb einer Zeitspanne von einer Woche durchgeführt. Bei der ersten Ultraschalluntersuchung zwischen dem 61. und 68. Lebenstag befanden sich die Tiere noch in der Eingewöhnungsphase und die Laufräder waren zu jenem Zeitpunkt arretiert. Die Gewichtswerte waren annähernd gleich und lagen durchschnittlich bei 109,9 g (±20,5 g) für die Versuchstiere mit Attrappe bzw. bei 108,8 g (±18,1 g) für die Versuchstiere mit Laufrad. Die zweite Untersuchung fand ungefähr drei Monate später zwischen dem 152. und 154. Lebenstag statt. Die Versuchstiere mit Attrappe wiesen ein signifikant höheres Körpergewicht (148,9 g ±5,3 g) auf als die Schwesterntiere mit Laufrad (140,8 g ±7,3 g; NCSS, Two-Sample Test, $p<0,05$). Ähnliche Tendenzen zeigten sich bei der dritten Untersuchung zwischen dem 241. und 249. Lebenstag. Auch hier war das Körpergewicht der Tiere mit Attrappe höher (160,7 g ±10,1 g) im Vergleich zum einzig verbliebenen Schwesterntier mit Laufrad (144,1 g). Hingewiesen werden muss allerdings auf die niedrigen Tierzahlen.



Grafik 10: Körpergewichtsvergleich der beiden Schwesterntiere 245-31 (mit Laufrad) und 249-32 (mit Attrappe) in Bezug auf die Laufradaktivität.
Säulen: Laufleistung [m] des Versuchstieres 245-31 zwischen 04.02.2002 und 23.05.2002;
Schwarze Markierungen: Körpergewicht 245-31; Weisse Markierungen: Körpergewicht 249-32.



Grafik 11: Gewichtsvergleich zwischen Versuchstieren mit Attrappe bzw. mit Laufrad im Verlaufe der Ultraschalluntersuchungen (US).
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad; n = Anzahl der Versuchstiere. Bei der 2. US ergaben sich signifikante Gewichtsunterschiede ($p<0,05$) zwischen beiden Gruppen.

3.4.2 Reproduktionsbiologischer Teil

Die Grafik 12 zeigt als Beispiel eine physiologische, sigmoid verlaufende Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 114-11 (mit Laufrad) mit einer steilen Steigung zu Beginn der Wachstumskurve bis hin zur ersten Paarung. Während der vier Trächtigkeiten erfolgte in kurzer Zeit (die Gravidität dauert beim Goldhamster sechzehn Tage [GATTERMANN 1983, VISWANATHAN UND DAVIS 1992]) ein starker Gewichtsanstieg. Durch die Geburt des Wurfes kam es zu einem abrupten Gewichtsverlust, der sich in der ersten Hälfte der Laktation noch fortsetzte.

Der mittlere Gewichtsverlust vom Zeitpunkt unmittelbar vor dem Werfen (Höchstgewicht am 15. Trächtigkeitstag) bis Mitte der Laktation (Tiefstgewicht) betrug bei den Versuchstieren mit Attrappe über alle vier Würfe hinweg 37,1 g (±7,4 g) bzw. bei den Versuchstieren mit Laufrad 39,5 g (±7,5 g). Berücksichtigt wurden auch diejenigen Versuchstiere, die nach dem Werfen ihre Jungtiere aufgefressen hatten. Die Gewichtsverluste während der einzelnen Würfe (vgl. Tabelle 17) entsprachen in der ersten Lebenshälfte der Versuchstiere ungefähr 25% des Körpergewichts eines ausgewachsenen Goldhamsterweibchens, in der zweiten Lebenshälfte mit kleiner werdenden Würfen dann noch etwa 20%.

Tabelle 17: Mittlerer Körpergewichtsverlust vom Höchstgewicht am Ende der Trächtigkeit bis zum Tiefstgewicht in der mittleren Laktationsperiode.
n = Anzahl der Würfe.

	Mittlerer Gewichtsverlust [g] post partum			
	1. Wurf	2. Wurf	3. Wurf	4. Wurf
Versuchstiere mit Attrappe	41,8 ±13,6 [n=10]	44,2 ±18,1 [n=9]	34,5 ±21,6 [n=6]	27,9 ±18,5 [n=4]
Versuchstiere mit Laufrad	43,0 ±9,0 [n=9]	39,9 ±12,0 [n=8]	46,2 ±7,5 [n=8]	28,9 ±16,8 [n=6]

Während der zweiten Laktationshälfte und der anschliessenden Ruheperiode stieg das Körpergewicht des Versuchstieres 114-11 wieder an und erreichte vor der nachfolgenden Paarung meist einen Wert, der über demjenigen der vorangegangenen Paarung lag. Die detaillierte Datenaufzeichnung zur Körpergewichtsentwicklung der Versuchstiere 113-1 bis 109-20 kann dem Anhang (vgl. Kapitel 7.5) entnommen werden.

Abweichungen vom Normalbild der Gewichtsentwicklung zeigten Tiere,

- bei denen es zu akonzeptionellen Paarungen kam und somit eine nachfolgende Trächtigkeit ausblieb (vgl. Grafiken der Versuchstiere 92-6; 111-19; 109-20)
- die nach dem Werfen ihre Jungtiere aufgefressen und somit keine physiologische Laktation durchlaufen haben (vgl. Grafiken der Versuchstiere 113-1; 86-3; 95-14; 87-5; 115-8; 116-18; 112-9; 110-10)
- bei denen Erkrankungen unbekannter Ätiologie zu Gewichtsverlusten führten (vgl. Grafiken der Versuchstiere 71-2; 78-12; 87-5; 112-9)
- die vor Beendigung der Datenaufnahme verstorben sind (vgl. Grafiken der Versuchstiere 113-1; 71-2; 78-12; 84-13; 101-7; 115-8; 112-9).

In den Grafiken 13-16 ist ein Körpergewichtsvergleich zwischen den beiden Gruppen (Versuchstiere mit Attrappe bzw. mit Laufrad) während der vier Trächtigkeiten und anschliessenden Laktationen dargestellt. Während aller vier Trächtigkeiten wiesen die Tiere mit Laufrad jeweils ein höheres Körpergewicht auf. Diese Gruppe blieb auch während der zweiten und vierten Laktation durchwegs schwerer, während die Versuchstiere mit Attrappe während der ersten und dritten Laktation die Laufradtiere ab dem 15. bzw. 5. Laktationstag durchschnittlich an Körpermasse übertrafen.

Statistisch abgesichert werden konnte die Tatsache, dass sich das Körpergewicht der Versuchsweibchen fortlaufend mit der Zeit während der Trächtigkeiten bzw. Laktationen signifikant verändert hatte (vgl. Tabelle 18). Die Gruppenzugehörigkeit der Versuchstiere spielte dabei keine Rolle. Die Körpergewichtszunahme während der Trächtigkeit war zusätzlich abhängig von der Grösse des zu jenem Zeitpunkt noch nicht geborenen Wurfes, d.h. Tiere mit einem grösseren Wurf wiesen am 15. Trächtigkeitstag auch ein höheres Körpergewicht auf.

Tabelle 18: Körpergewichtsveränderung der Versuchsweibchen während der Trächtigkeiten und Laktationen (Details siehe Grafiken 12-15).
Statistische Auswertung: SAS, Repeated Measures Analysis.

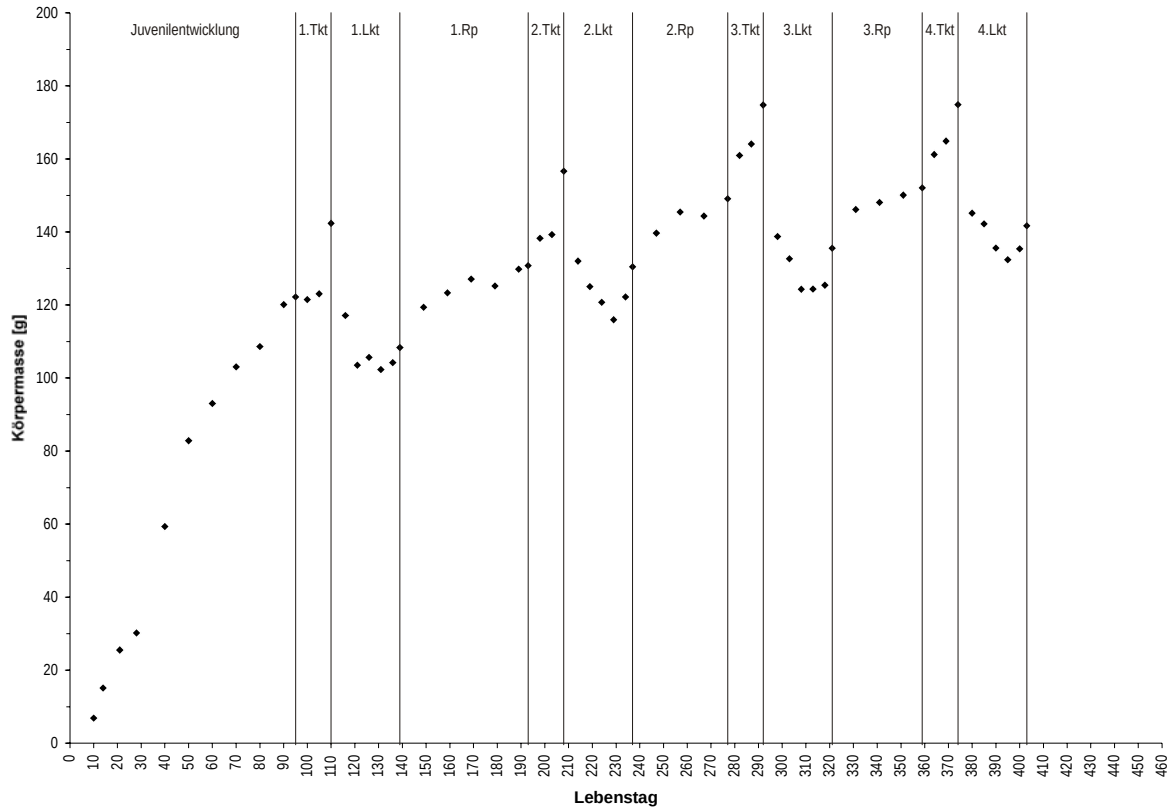
1. Wurf	$F_{9,7} = 4,43$	$p < 0,03$
2. Wurf	$F_{9,5} = 9,27$	$p = 0,01$
3. Wurf	$F_{9,4} = 13,34$	$p = 0,01$
4. Wurf	Zuwenig Tiere für die Auswertung vorhanden	

Weiter konnte statistisch belegt werden, dass sich die beiden Gruppen an einem spezifischen Tag (z.B Konzeption, 5. Trächtigkeitstag. etc.) in ihrem Körpergewicht nicht signifikant von-

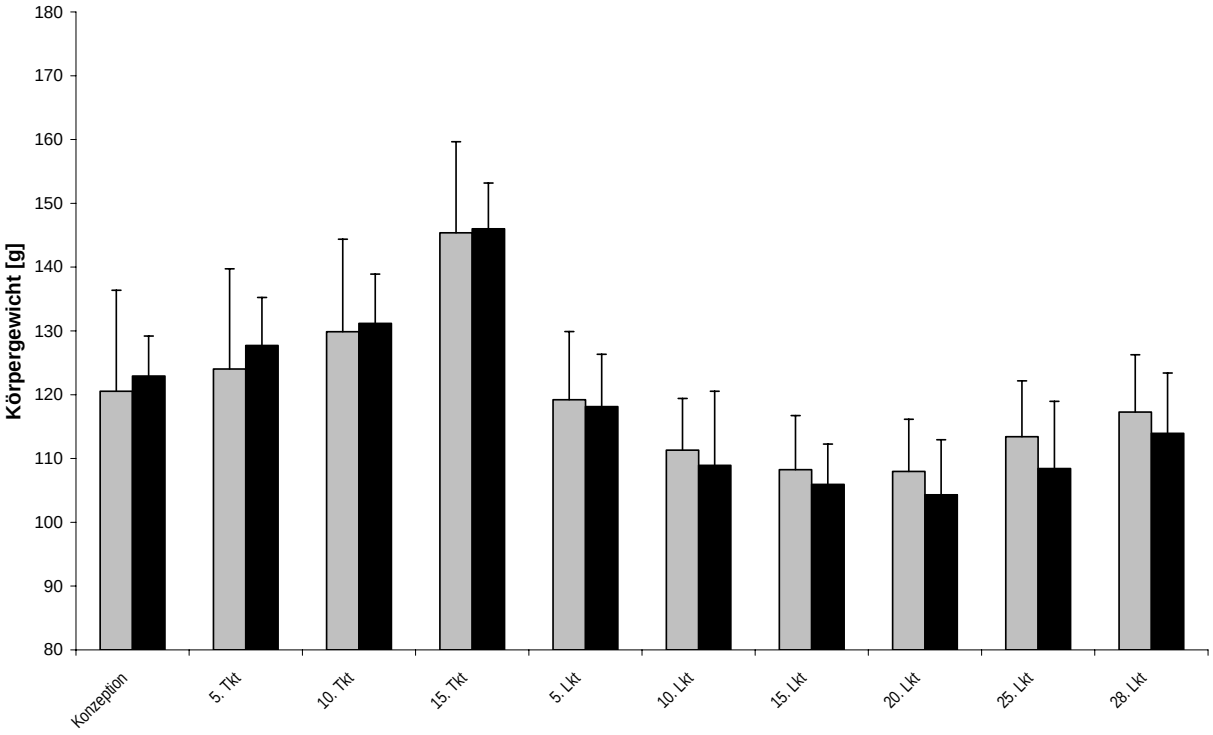
einander unterschieden (vgl. Grafiken 13-16). Wenn man aber einen charakteristischen Zeitpunkt (z.B. Konzeption) über alle vier Würfe verfolgt, dann wird eine altersabhängige Gewichtszunahme hochsignifikant (vgl. Tabelle 19). Das heisst, wenn die vier Konzeptionsgewichte miteinander verglichen werden, so wird ersichtlich, dass die Tiere mit fortschreitendem Alter immer schwerer wurden (analog für alle andern Daten der Körpergewichtsregistrierung). Auch hier spielte die Gruppenzugehörigkeit wiederum keine Rolle.

Tabelle 19: Statistischer Vergleich der Körpergewichtsveränderung aller Versuchsweibchen über die Zeitspanne aller vier Würfe.
Statistische Auswertung: SAS, Repeated Measures Analysis.

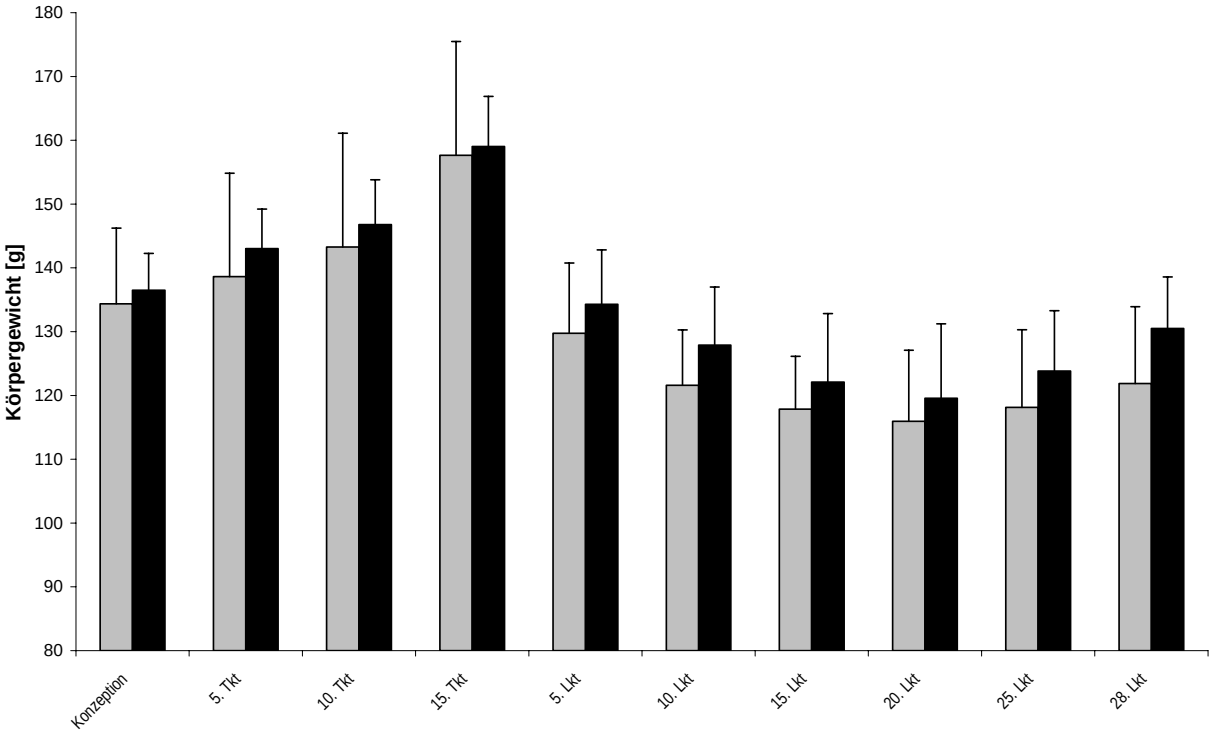
Konzeption	$F_{3,6} = 30.17$	p = 0,0005
5. Trächtigkeitstag	$F_{3,6} = 41,82$	p = 0,0002
10. Trächtigkeitstag	$F_{3,6} = 22,82$	p = 0,001
15. Trächtigkeitstag	$F_{3,6} = 14,06$	p = 0,004
5. Laktationstag	$F_{3,6} = 9,92$	p = 0,01
10. Laktationstag	$F_{3,6} = 11,41$	p = 0,007
15. Laktationstag	$F_{3,6} = 19,91$	P = 0,0016
20. Laktationstag	$F_{3,6} = 21,94$	p = 0,001
25. Laktationstag	$F_{3,6} = 10,14$	P = 0,0092
28. Laktationstag	$F_{3,6} = 17,14$	p = 0,002



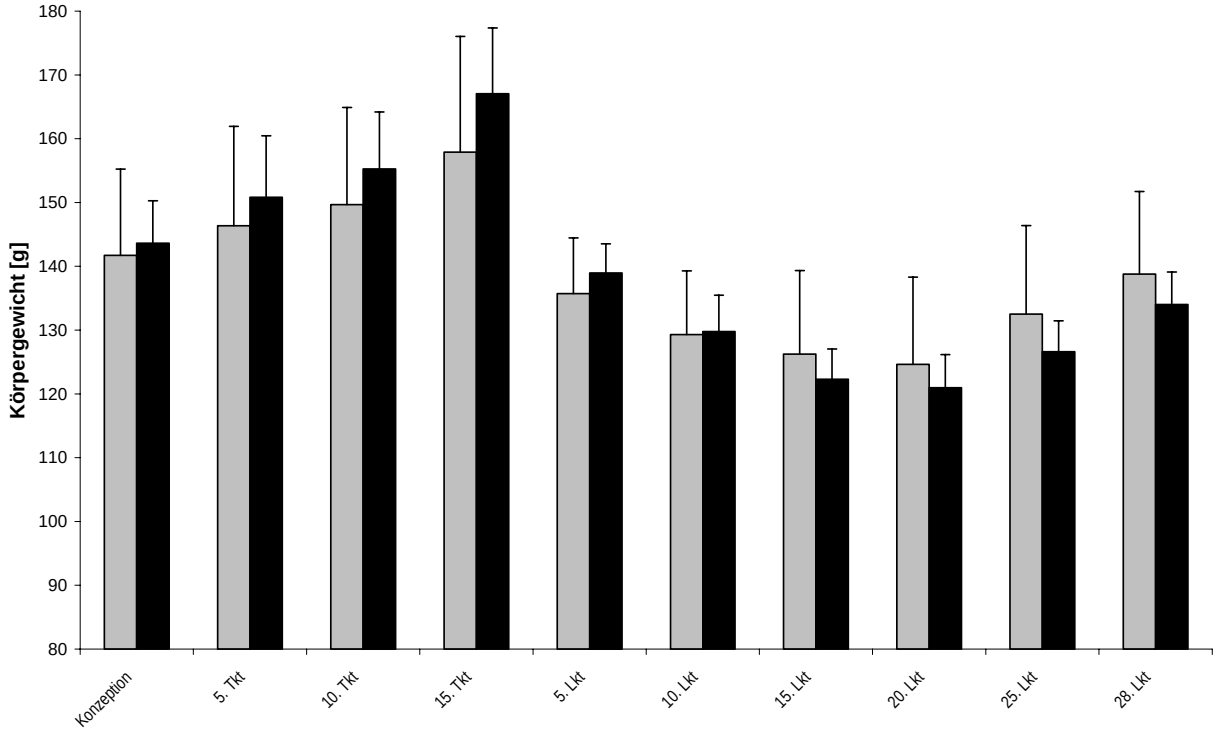
Grafik 12: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 114-11 (mit Laufrad).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.



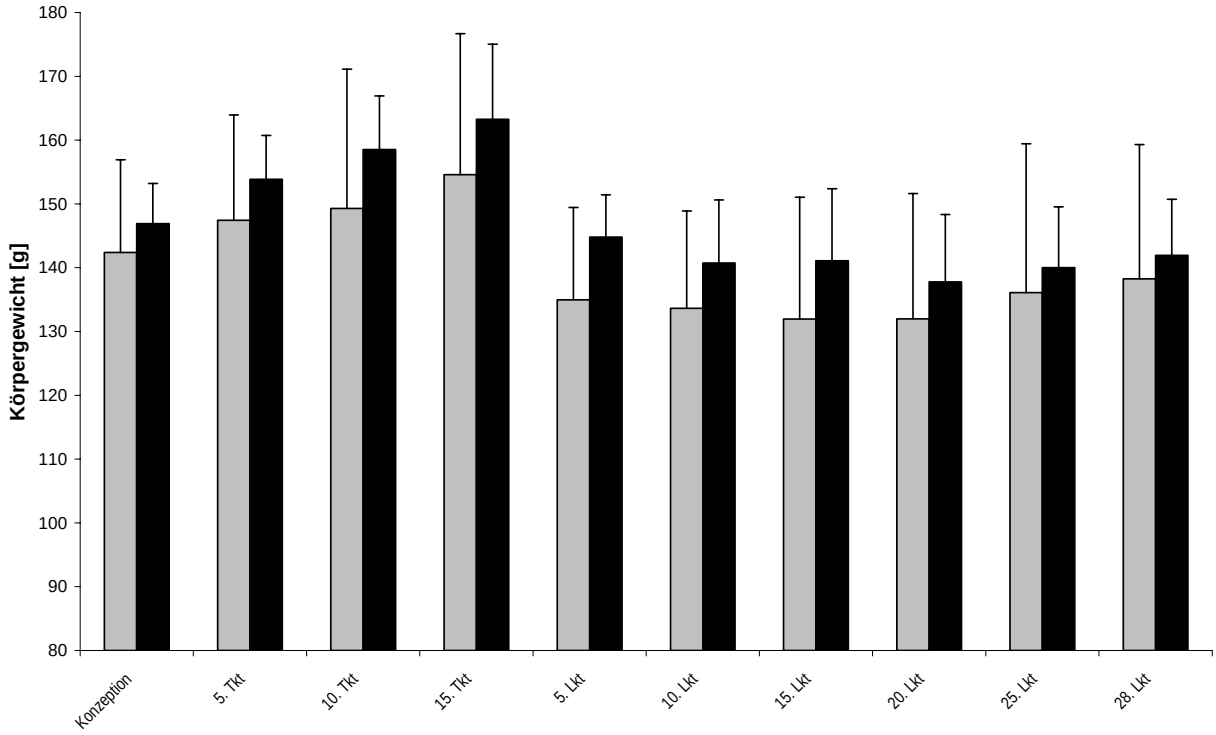
Grafik 13: Gewichtsvergleich zwischen Tieren mit Attrappe [n=10] bzw. mit Laufrad [n=9] während des ersten Wurfes.
Hellgrau: Mittelwerte und Standardabweichungen der Tiere mit Attrappe;
Schwarz: Mittelwerte und Standardabweichungen der Tiere mit Laufrad.



Grafik 14: Gewichtsvergleich zwischen Tieren mit Attrappe [n=9] bzw. mit Laufrad [n=8] während des zweiten Wurfes.
Hellgrau: Mittelwerte und Standardabweichungen der Tiere mit Attrappe;
Schwarz: Mittelwerte und Standardabweichungen der Tiere mit Laufrad.



Grafik 15: Gewichtsvergleich zwischen Tieren mit Attrappe [n=6] bzw. mit Laufrad [n=8] während des dritten Wurfes.
Hellgrau: Mittelwerte und Standardabweichungen der Tiere mit Attrappe;
Schwarz: Mittelwerten und Standardabweichungen der Tiere mit Laufrad.



Grafik 16: Gewichtsvergleich zwischen Tieren mit Attrappe [n=4] bzw. mit Laufrad [n=6] während des vierten Wurfes.
Hellgrau: Mittelwerte und Standardabweichungen der Tiere mit Attrappe;
Schwarz: Mittelwerten und Standardabweichungen der Tiere mit Laufrad.

3.4.3 Jungtiere

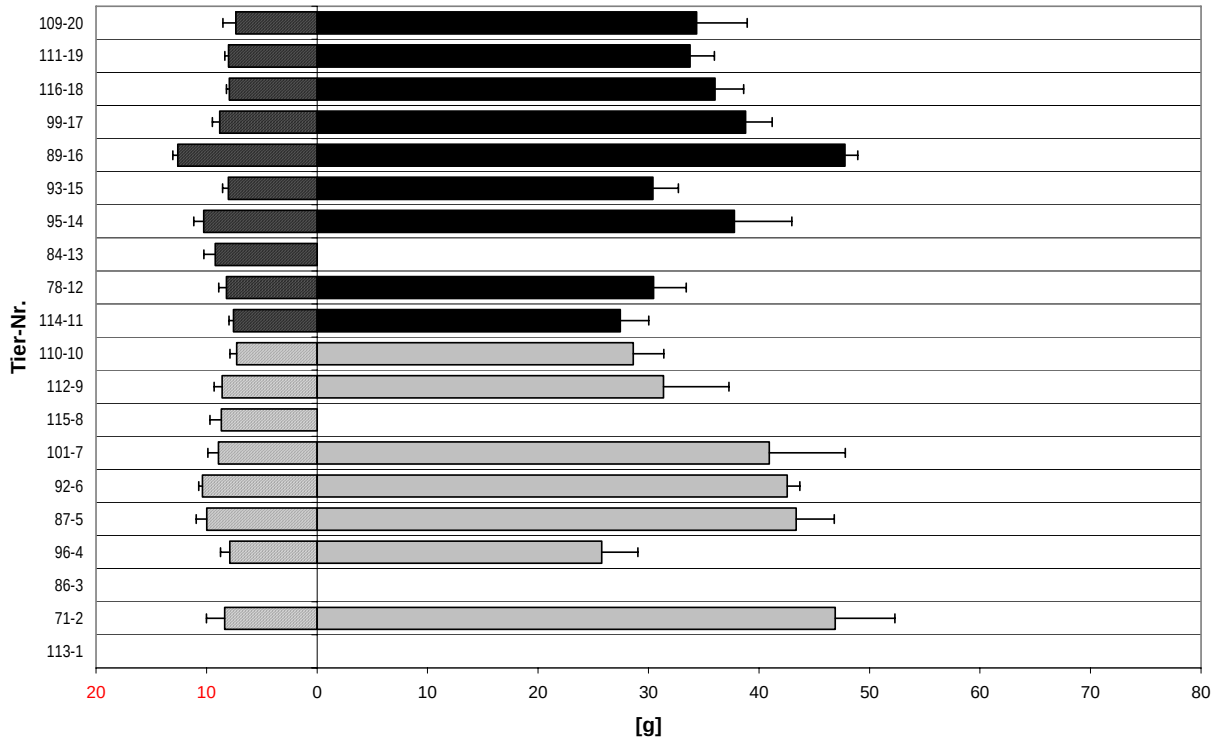
Die Grafiken 17-20 zeigen die durchschnittlichen Körpergewichte der Jungtiere ohne Berücksichtigung der Wurfgrösse. Links sind übereinander die zwanzig Versuchstiere aufgelistet, daneben stehend die dazugehörigen Balken mit den Gewichtsergebnissen der Jungtiere. Schraffierte Balken beziehen sich auf das Körpergewicht am 10. Lebenstag, ausgefüllte Balken auf dasjenige am 28. Lebenstag der Jungtiere. Fehlt ein Balken komplett, bedeutet dies, dass das Versuchstier zwar geworfen hatte, allerdings bei der Wurfkontrolle am 10. Lebenstag keine Jungtiere mehr aufgefunden wurden. Fehlt ein Balken nur in der rechten Spalte, so waren am 10. Lebenstag zwar Jungtiere vorhanden, die aber nicht bis zum Absetzen am 28. Lebenstag überlebten. Vor Ende der Datenaufnahme verstorbene Versuchstiere wurden durch ein Kreuz (†) gekennzeichnet.

Auffallend ist die Tatsache, dass bei Tieren mit Attrappe vom ersten bis zum dritten Wurf immer dasselbe Versuchstier (92-6) am 10. Lebenstag die durchschnittlich schwersten Jungtiere hatte (10,37 g beim ersten, 15,07 g beim zweiten und 13,33 g beim dritten Wurf). Danach blieb es bei diesem Tier bei akonzeptionellen Paarungen, und es kam zu keiner vierten Gravidität. Während des zweiten und dritten Wurfes behielten die Jungtiere des Versuchstieres 92-6 das höchste Körpergewicht bei und erreichten bis zum Absetzen am 28. Lebenstag Gewichtswerte von durchschnittlich 53,47 g beim zweiten bzw. 62,05 g beim dritten Wurf.

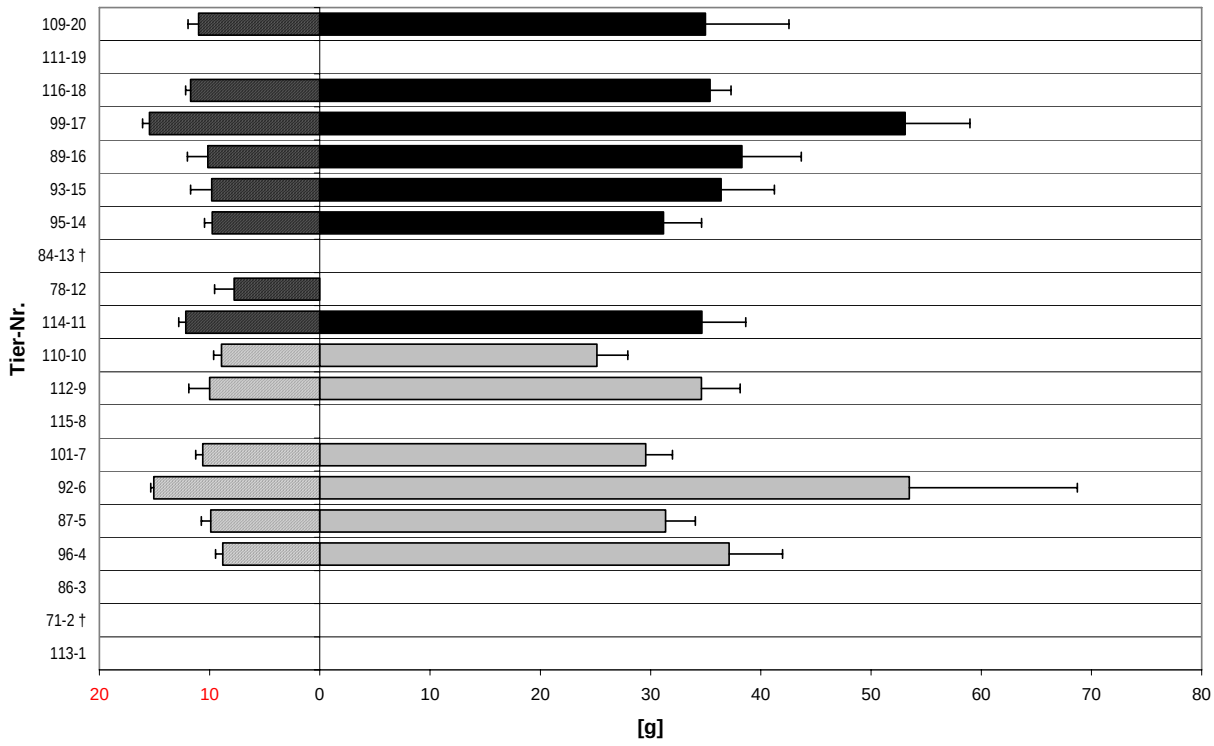
Bei den Tieren mit Laufrad waren die schwersten Jungtiere sowohl am 10. als auch am 28. Lebenstag über alle vier Würfe heterogen auf verschiedene Muttertiere verteilt.

Die Grafiken 21 und 22 zeigen vergleichend die durchschnittlichen Jungtiergewichte beider Gruppen (Muttertiere mit Attrappe bzw. mit Laufrad) am 10. und 28. Lebenstag. Eindeutige Effekte des Laufradangebots auf die Durchschnittskörpergewichte der Jungtiere lassen sich nicht ablesen.

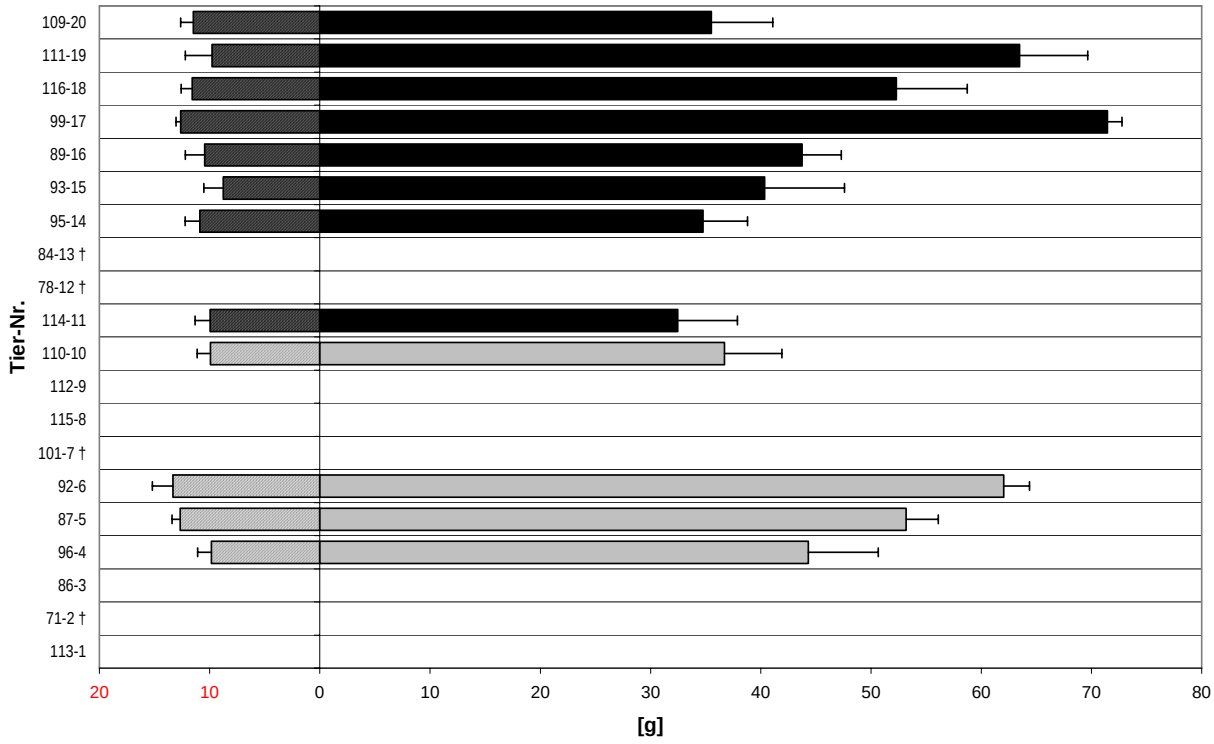
Legende zu den Grafiken 17-20: Helle Schraffur: Körpergewicht am 10. Lebenstag, Muttertier mit Attrappe;
Dunkle Schraffur: Körpergewicht am 10. Lebenstag, Muttertier mit Laufrad;
Hellgrau: Körpergewicht am 28. Lebenstag, Muttertier mit Attrappe;
Schwarz: Körpergewicht am 28. Lebenstag, Muttertier mit Laufrad;
†: vorzeitig verstorbene Versuchstiere.



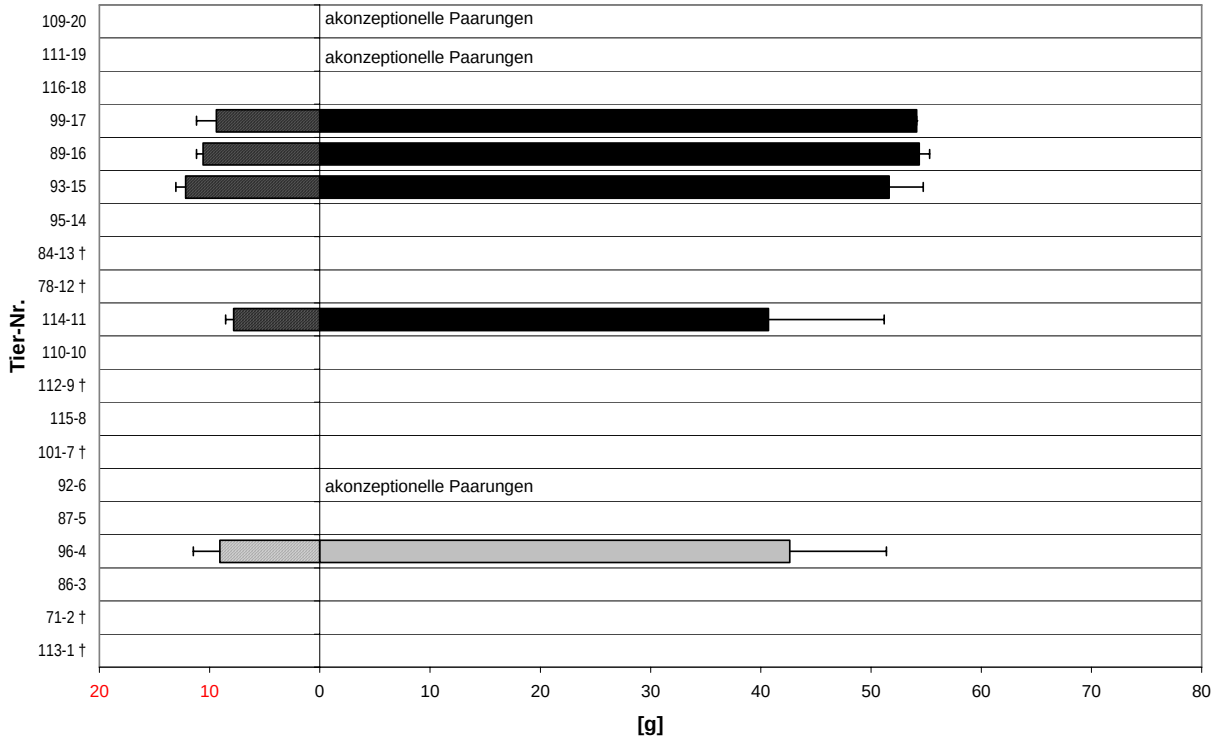
Grafik 17: Körpergewicht der Jungtiere des ersten Wurfes am 10. bzw. 28. Lebenstag.



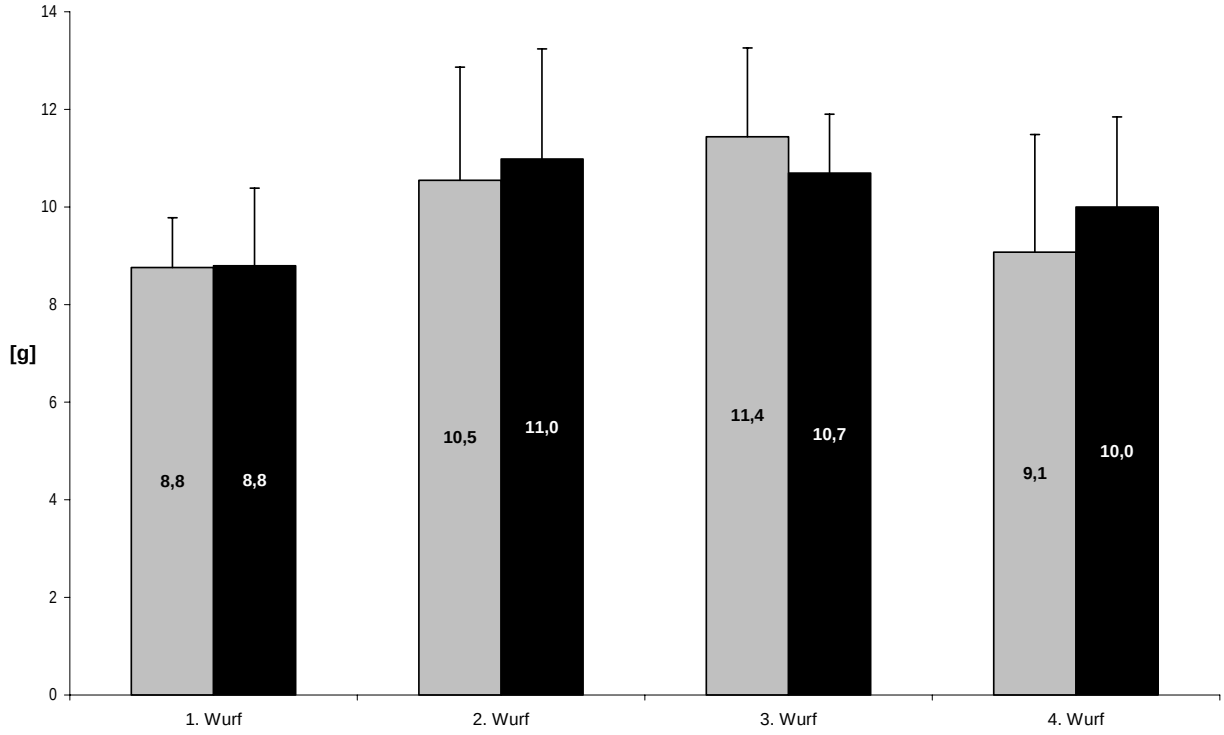
Grafik 18: Körpergewicht der Jungtiere des zweiten Wurfes am 10. bzw. 28. Lebenstag.



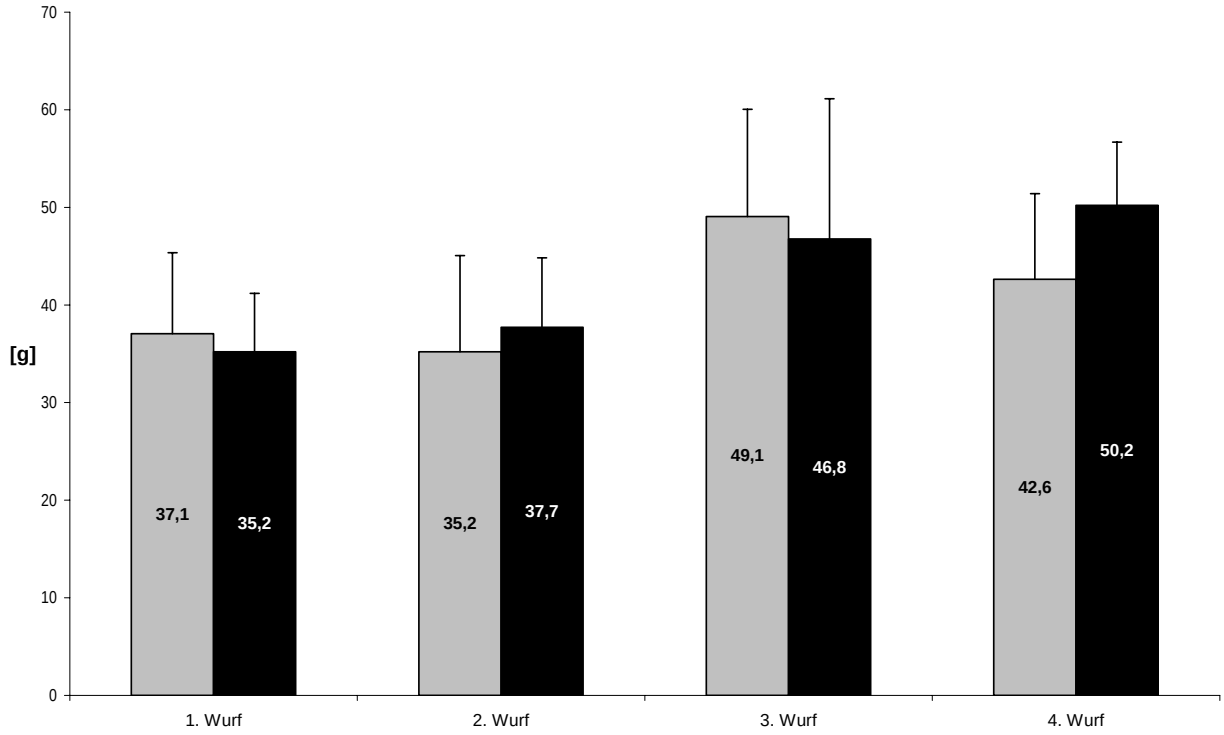
Grafik 19: Körpergewicht der Jungtiere des dritten Wurfes am 10. bzw. 28. Lebenstag.



Grafik 20: Körpergewicht der Jungtiere des vierten Wurfes am 10. bzw. 28. Lebenstag.



Grafik 21: Mittleres Körpergewicht und Standardabweichung der Jungtiere am 10. Tag p.p.
Hellgrau: Muttertiere mit Attrappe; Schwarz: Muttertiere mit Laufrad.



Grafik 22: Mittleres Körpergewicht und Standardabweichung der Jungtiere am 28. Tag p.p.
Hellgrau: Muttertiere mit Attrappe; Schwarz: Muttertiere mit Laufrad.

3.4.4 Wurfgewichte

Betrachtet man die Wurfgewichte (Summe der einzelnen Jungtierkörpergewichte innerhalb eines Wurfes), so zeigte sich über alle vier Wurfdurchgänge ein heterogenes Bild mit der Tendenz, dass grössere Würfe (>7 Tiere) auch zu einem höheren Wurfgewicht führten. Dies war sowohl am 10. als auch am 28. Lebenstag der Jungtiere der Fall (vgl. Tabelle 20-21 und Grafik 23). Das steht im Gegensatz zu den Einzeljungtiergewichten (vgl. Kapitel 3.4.3), wo Individuen aus kleinen Würfen im allgemeinen ein höheres Körpergewicht aufwiesen als gleichaltrige Tiere aus grösseren Würfen.

Die Maximalwerte am 10. Tag post partum lagen bei 120,91 g (der zweite Wurf des Versuchstieres 109-20; die Wurfgrösse betrug elf Jungtiere) bzw. bei 375,07 g am 28. Tag post partum (der erste Wurf des Versuchstieres 71-2; die Wurfgrösse betrug hier acht Jungtiere).

Die Grafik 23 stellt die Gesamtwurfgewichte (Summe der Körpergewichte aller Jungtiere, die ein Versuchstier während der Datenerhebung geboren hatte) am 10. und 28. Tag post partum dar. Auch hier zeichnet sich wie vorher bei den Einzelwürfen ab, dass Tiere mit hohen Jungtierzahlen auch ein grösseres Gesamtwurfgewicht aufwiesen.

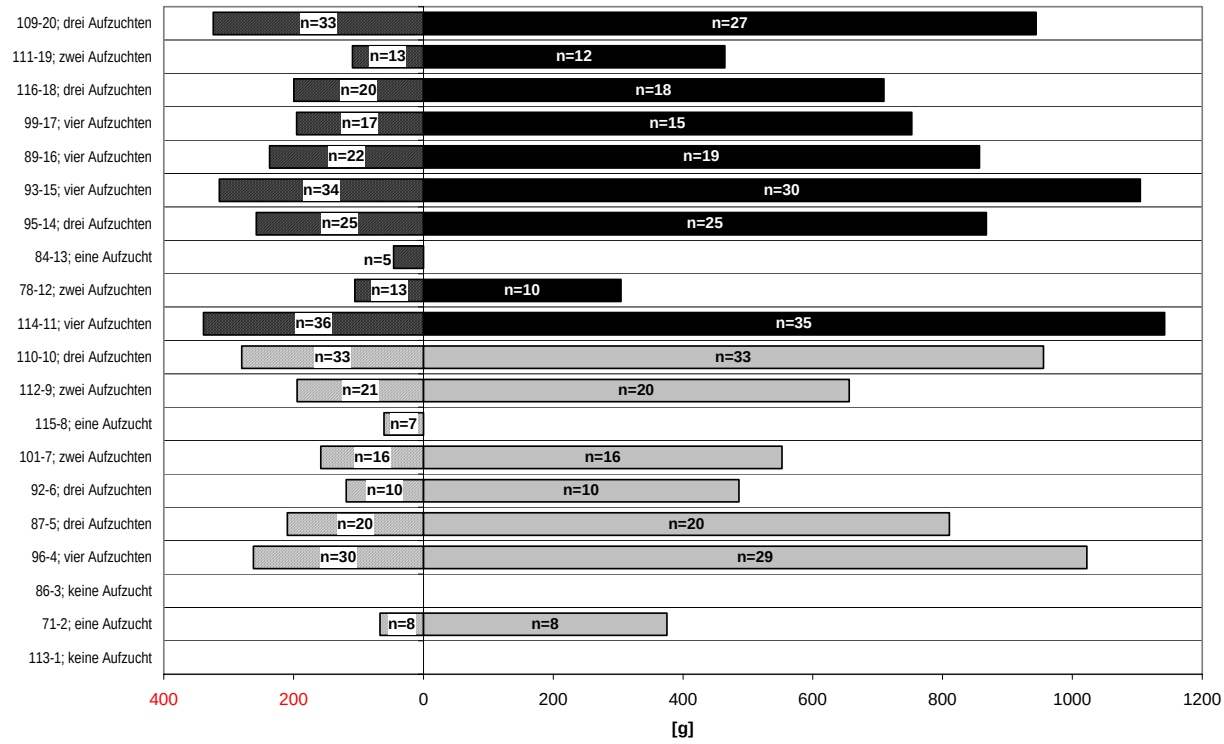
Das Versuchstier 114-11 (mit Laufrad) erreichte sowohl für das Gesamtwurfgewicht aller Jungtiere als auch für die Gesamtjungtieranzahl Maximalwerte. Es hatte während der ganzen Datenerhebungszeit vier Würfe zur Welt gebracht. Dabei wurden jeweils am 10. Tag post partum insgesamt 36 Jungtiere mit einer Gesamtkörpermasse von 338,91 g registriert. 35 dieser Jungtiere wurden jeweils bis zum 28. Tag aufgezogen, wobei die Gesamtkörpermasse der 35 Jungtiere zu diesem Zeitpunkt 1141,93 g betrug.

Tabelle 20: Einzel- und Gesamtwurfgewichte der Würfe 1-4 am 10. bzw. 28. Tag p.p. der Versuchstiere mit Attrappe;
n = Anzahl der Jungtiere;
†: vorzeitig verstorbene Versuchstiere.

	Wurfgewicht [g] des ersten Wurfes		Wurfgewicht [g] des zweiten Wurfes		Wurfgewicht [g] des dritten Wurfes		Wurfgewicht [g] des vierten Wurfes		Gesamtwurfgewicht [g] aller vier Würfe	
Versuchstier mit Attrappe	am 10. Tag p.p.	am 28. Tag p.p.	am 10 Tag p.p.	am 28. Tag p.p.	am 10. Tag p.p.	am 28. Tag p.p	am 10. Tag p.p	am 28. Tag p.p.	am 10. Tag p.p.	am 28. Tag p.p.
113-1	- [n=0]	- [n=0]	- [n=0]	- [n=0]	†	†	†	†	- [n=0]	- [n=0]
71-2	66.89 [n=8]	375.07 [n=8]	†	†	†	†	†	†	66.89 [n=8]	375.07 [n=8]
86-3	- [n=0]	- [n=0]	- [n=0]	- [n=0]	- [n=0]	- [n=0]	- [n=0]	- [n=0]	- [n=0]	- [n=0]
96-4	86.85 [n=11]	283.29 [n=11]	61.65 [n=7]	259.86 [n=7]	59.05 [n=6]	265.89 [n=6]	54.46 [n=6]	213.17 [n=5]	262.01 [n=30]	1022.21 [n=29]
87-5	79.81 [n=8]	346.94 [n=8]	79.18 [n=8]	250.91 [n=8]	50.66 [n=4]	212.75 [n=4]	- [n=0]	- [n=0]	209.65 [n=20]	810.60 [n=20]
92-6	62.23 [n=6]	255.31 [n=6]	30.13 [n=2]	106.94 [n=2]	26.66 [n=2]	124.10 [n=2]	akonz. Paarung	akonz. Paarung	119.02 [n=10]	486.35 [n=10]
101-7	62.46 [n=7]	286.50 [n=7]	95.53 [n=9]	266.00 [n=9]	†	†	†	†	157.99 [n=16]	552.50 [n=16]
115-8	60.69 [n=7]	- [n=0]	- [n=0]	- [n=0]	- [n=0]	- [n=0]	- [n=0]	- [n=0]	60.69 [n=7]	- [n=0]
112-9	94.50 [n=11]	344.84 [n=11]	99.89 [n=10]	311.39 [n=9]	- [n=0]	- [n=0]	†	†	194.39 [n=21]	656.23 [n=20]
110-10	94.60 [n=13]	371.98 [n=13]	115.88 [n=13]	326.59 [n=13]	69.37 [n=7]	256.95 [n=7]	- [n=0]	- [n=0]	279.85 [n=33]	955.52 [n=33]

Tabelle 21: Einzel- und Gesamtwurfgewichte der Würfe 1-4 am 10. bzw. 28. Tag p.p. der Versuchstiere mit Laufrad;
n = Anzahl der Jungtiere;
†: vorzeitig verstorbene Versuchstiere.

	Wurfgewicht [g] des ersten Wurfes		Wurfgewicht [g] des zweiten Wurfes		Wurfgewicht [g] des dritten Wurfes		Wurfgewicht [g] des vierten Wurfes		Gesamtwurfgewicht [g] aller vier Würfe	
Versuchstier mit Laufrad	am 10. Tag p.p.	am 28. Tag p.p.	am 10. Tag p.p.	am 28. Tag p.p.	am 10. Tag p.p.	am 28. Tag p.p.	am 10. Tag p.p.	am 28. Tag p.p.	am 10. Tag p.p.	am 28. Tag p.p.
114-11	90.72 [n=12]	302.02 [n=11]	109.42 [n=9]	311.92 [n=9]	99.64 [n=10]	324.56 [n=10]	39.13 [n=5]	203.43 [n=5]	338.91 [n=36]	1141.93 [n=35]
78-12	90.15 [n=11]	304.50 [n=10]	15.55 [n=2]	- [n=0]	†	†	†	†	105.70 [n=13]	304.50 [n=10]
84-13	46.05 [n=5]	- [n=0]	†	†	†	†	†	†	46.05 [n=5]	- [n=0]
95-14	92.27 [n=9]	339.98 [n=9]	78.20 [n=8]	249.43 [n=8]	86.99 [n=8]	278.08 [n=8]	- [n=0]	- [n=0]	257.46 [n=25]	867.49 [n=25]
93-15	96.40 [n=12]	364.83 [n=12]	107.90 [n=11]	291.21 [n=8]	61.42 [n=7]	242.17 [n=6]	48.72 [n=4]	206.57 [n=4]	314.44 [n=34]	1104.78 [n=30]
89-16	50.42 [n=4]	191.10 [n=4]	71.13 [n=7]	229.69 [n=6]	73.11 [n=7]	218.76 [n=5]	42.41 [n=4]	217.50 [n=4]	237.07 [n=22]	857.05 [n=19]
99-17	61.65 [n=7]	271.51 [n=7]	77.27 [n=5]	212.40 [n=4]	37.87 [n=3]	214.36 [n=3]	18.77 [n=2]	54.15 [n=1]	195.56 [n=17]	752.42 [n=15]
116-18	71.32 [n=9]	288.24 [n=8]	82.03 [n=7]	212.36 [n=6]	46.30 [n=4]	209.22 [n=4]	- [n=0]	- [n=0]	199.65 [n=20]	709.82 [n=18]
111-19	80.05 [n=10]	337.62 [n=10]	- [n=0]	- [n=0]	29.37 [n=3]	126.96 [n=2]	akonz. Paarung	akonz. Paarung	109.42 [n=13]	464.58 [n=12]
109-20	88.21 [n=12]	274.85 [n=8]	120.91 [n=11]	349.76 [n=10]	114.84 [n=10]	319.64 [n=9]	akonz. Paarungen	akonz. Paarungen	323.96 [n=33]	944.25 [n=27]



Grafik 23: Gesamtwurfgewichte über alle vier Wurfdurchgänge am 10. (linke Spalte) bzw. 28. Tag p.p. (rechte Spalte).
n = Gesamtanzahl der Jungtiere.

3.5 Nachzucht

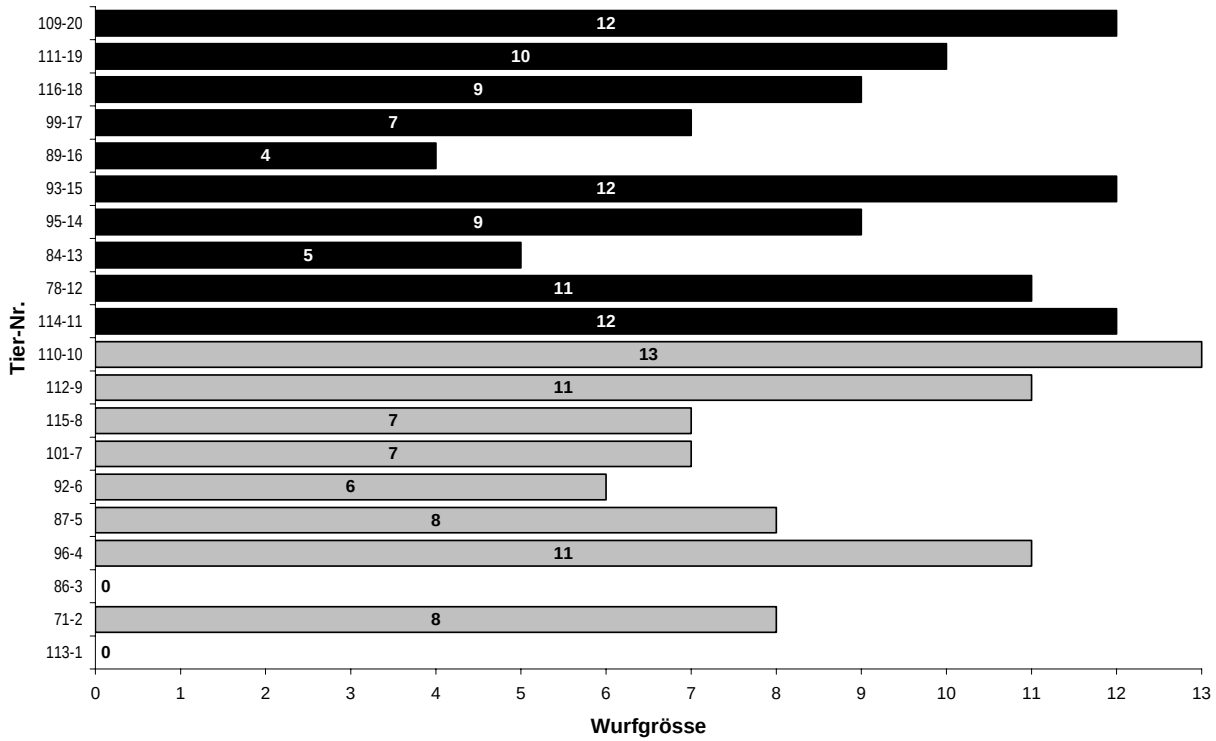
3.5.1 Wurfgrösse

Unter Wurfgrösse ist die Anzahl der Jungtiere pro Wurf zu verstehen. Die Grafiken 24-31 zeigen die Wurfgrössen der insgesamt 65 Würfe jeweils am 10. und am 28. Tag post partum, da der Verlust von Jungtieren innerhalb dieser Zeitspanne bis zum Absetzen teilweise gross war. Maximalwerte erreichte das Versuchstier 110-10, das zweimal einen Wurf mit dreizehn Jungtieren zur Welt brachte und diese auch verlustfrei aufzog. Sechzehnmal kam es allerdings auch vor, dass Versuchstiere zwar geworfen hatten (dies wurde beurteilt anhand der Gewichtsabnahme des Muttertieres und/oder Blutspuren im Nest [DIAMOND UND MAST 1978]), die Jungtiere postnatal aber aufgefressen wurden.

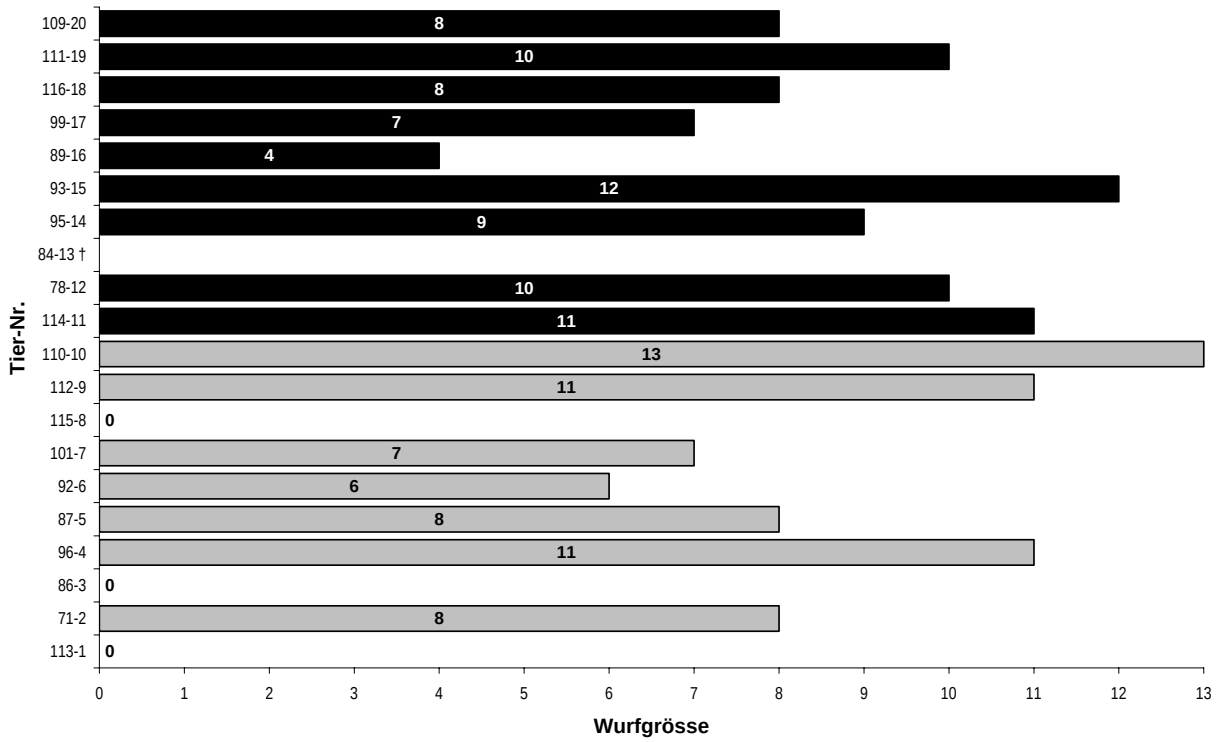
Es kann festgestellt werden, dass mit zunehmendem Alter der Versuchstiere die Anzahl Würfe abnahm (zwanzig Würfe im ersten Wurfdurchgang [bei 20 Weibchen], achtzehn im zweiten [bei 18 Weibchen], sechzehn im dritten [bei 16 Weibchen] und elf im vierten Wurfdurchgang [bei 14 Weibchen]). Akonzeptionelle Paarungen traten erst im vierten Wurfdurchgang bei drei Tieren auf.

Werden die Würfe betrachtet, dann fällt weiter auf, dass mit zunehmendem Alter der Versuchstiere immer häufiger Kronismus auftrat, d.h. es wurden immer öfter ganze Würfe bis zum 10. Lebenstag vom Muttertier aufgefressen (zwei Würfe im ersten Wurfdurchgang, vier im zweiten, vier im dritten und sechs im vierten Wurfdurchgang). Daraus resultierten Wurfgrössen von 0 am 10. Tag post partum.

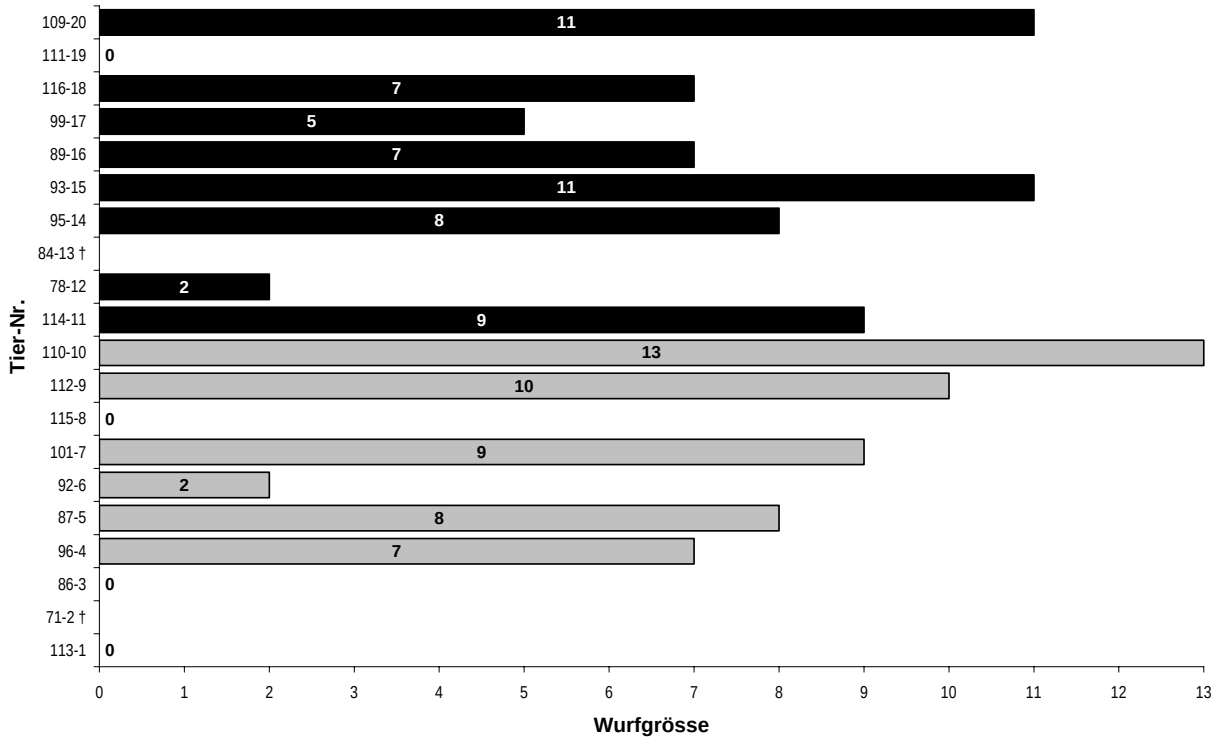
Die mittlere Wurfgrösse nahm mit steigendem Alter der Versuchstiere tendenziell stetig ab (vgl. Grafiken 32-33). Bemerkenswert an diesen Daten ist ausserdem, dass Versuchstiere mit Laufrad durchschnittlich jeweils eine grössere Anzahl Jungtiere geworfen hatten (nur im 3. Wurfdurchgang signifikant, $p<0,01$), und von Laufradtieren dann auch mehr Junge bis zum Absetzen aufgezogen wurden als von Schwesterntieren mit Attrappe. An dieser Stelle muss aber auf grosse individuelle Schwankungen hingewiesen werden.



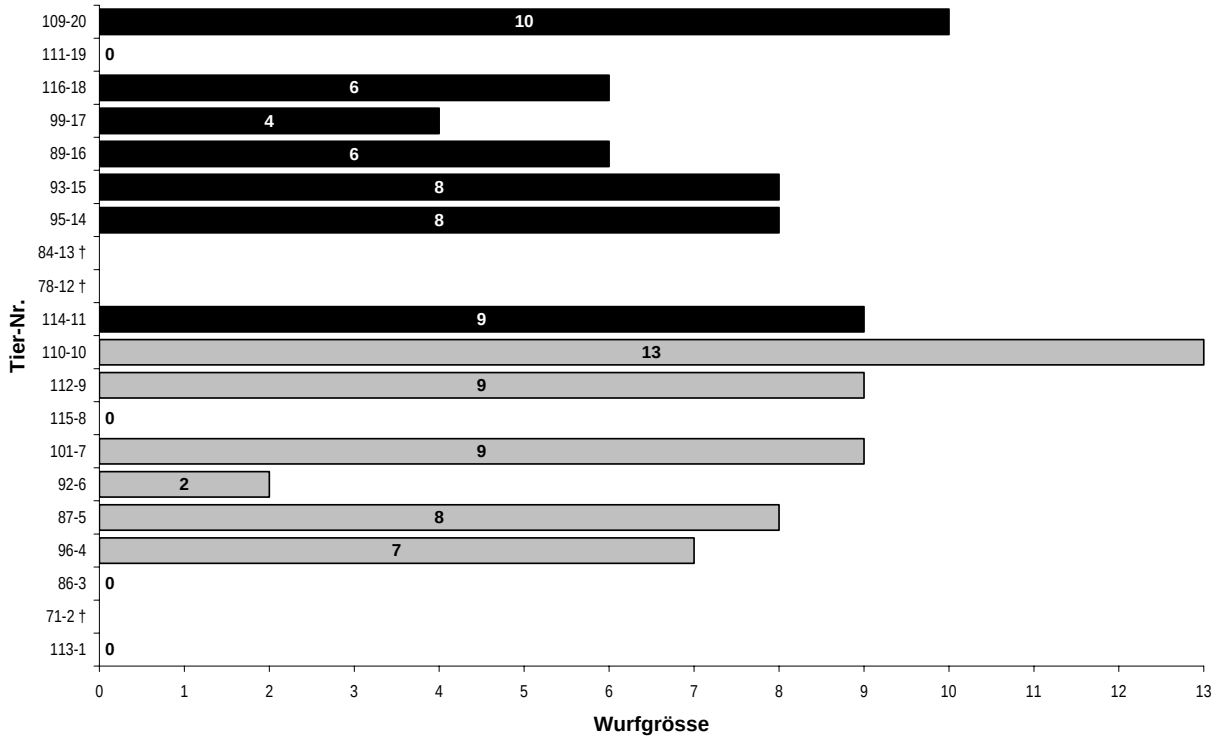
Grafik 24: Wurfgrösse am 10. Tag p.p. des ersten Wurfes.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad;
Balkenbeschriftung: Anzahl der Jungtiere.



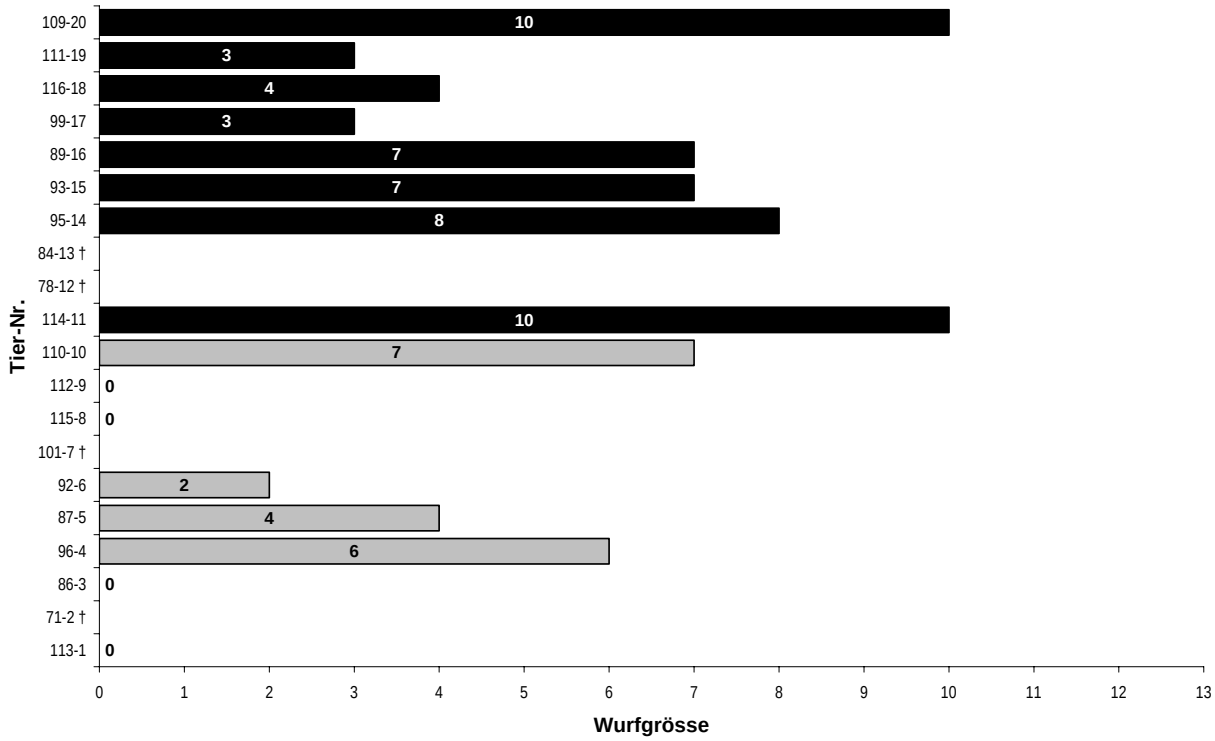
Grafik 25: Wurfgrösse beim Absetzen am 28. Tag p.p. des ersten Wurfes.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad;
Balkenbeschriftung: Anzahl der Jungtiere; †: vorzeitig verstorbene Versuchstiere.



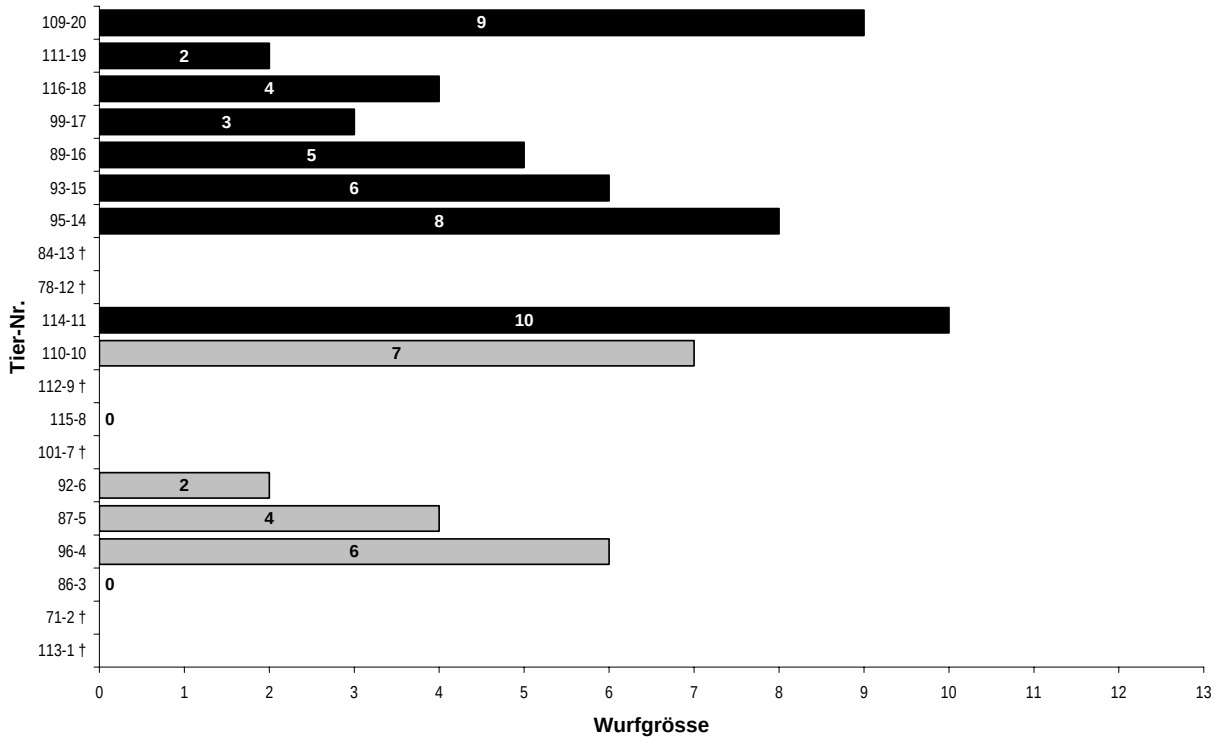
Grafik 26: Wurfgrösse am 10. Tag p.p. des zweiten Wurfes.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad;
Balkenbeschriftung: Anzahl der Jungtiere; †: vorzeitig verstorbene Versuchstiere.



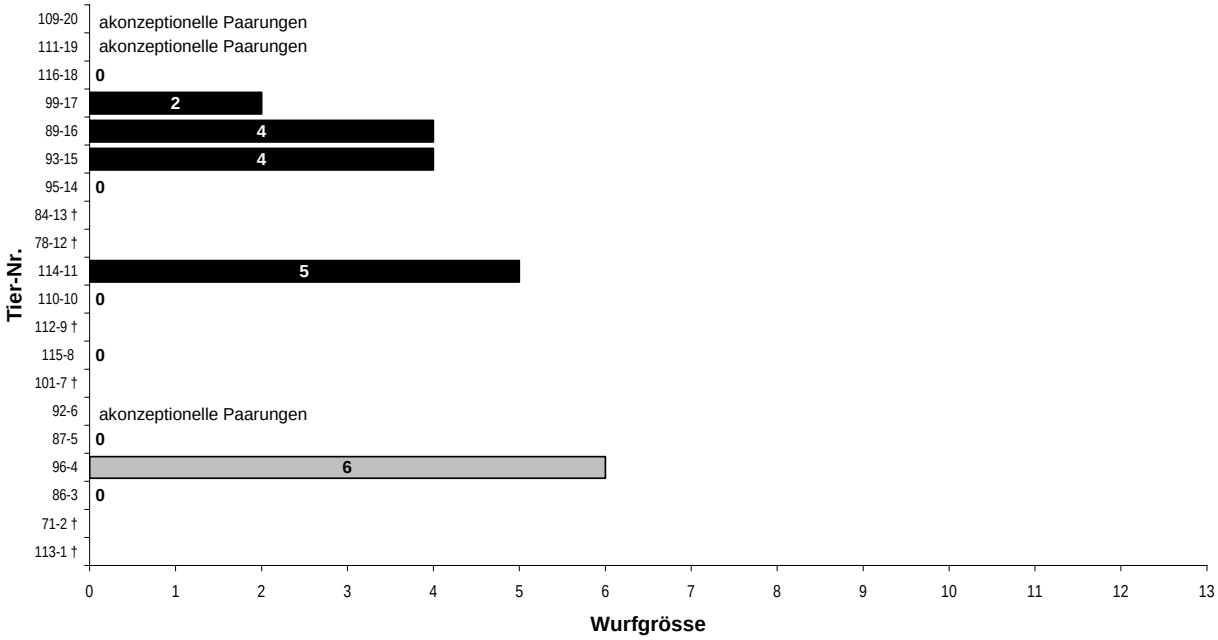
Grafik 27: Wurfgrösse beim Absetzen am 28. Tag p.p. des zweiten Wurfes.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad;
Balkenbeschriftung: Anzahl der Jungtiere; †: vorzeitig verstorbene Versuchstiere.



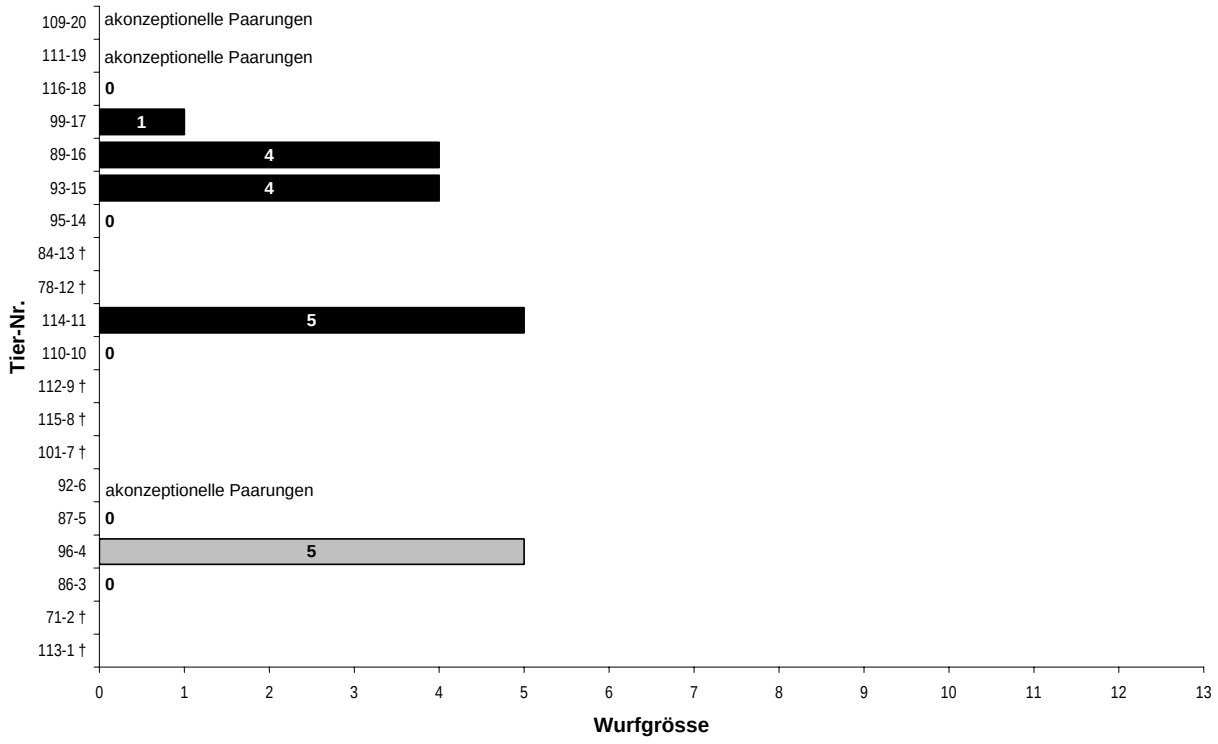
Grafik 28: Wurfgrösse am 10. Tag p.p. des dritten Wurfes.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad;
Balkenbeschriftung: Anzahl der Jungtiere; †: vorzeitig verstorbene Versuchstiere.



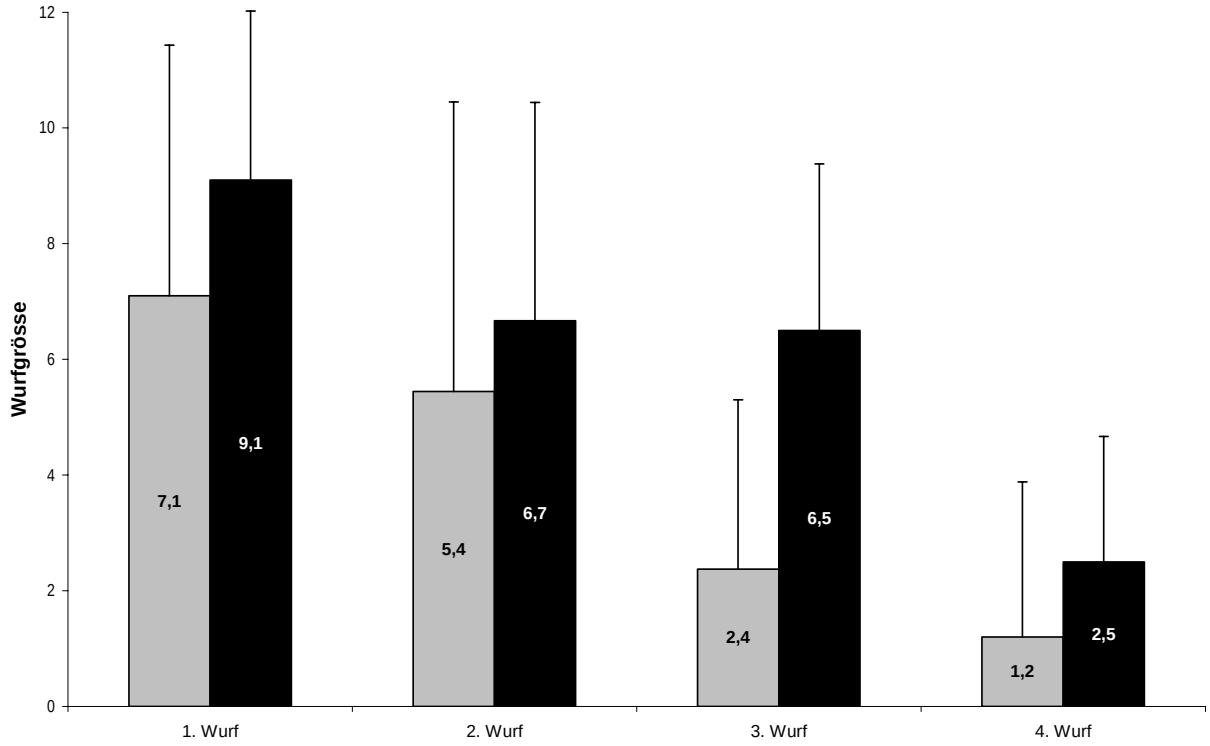
Grafik 29: Wurfgrösse beim Absetzen am 28. Tag p.p. des dritten Wurfes.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad;
Balkenbeschriftung: Anzahl der Jungtiere; †: vorzeitig verstorbene Versuchstiere.



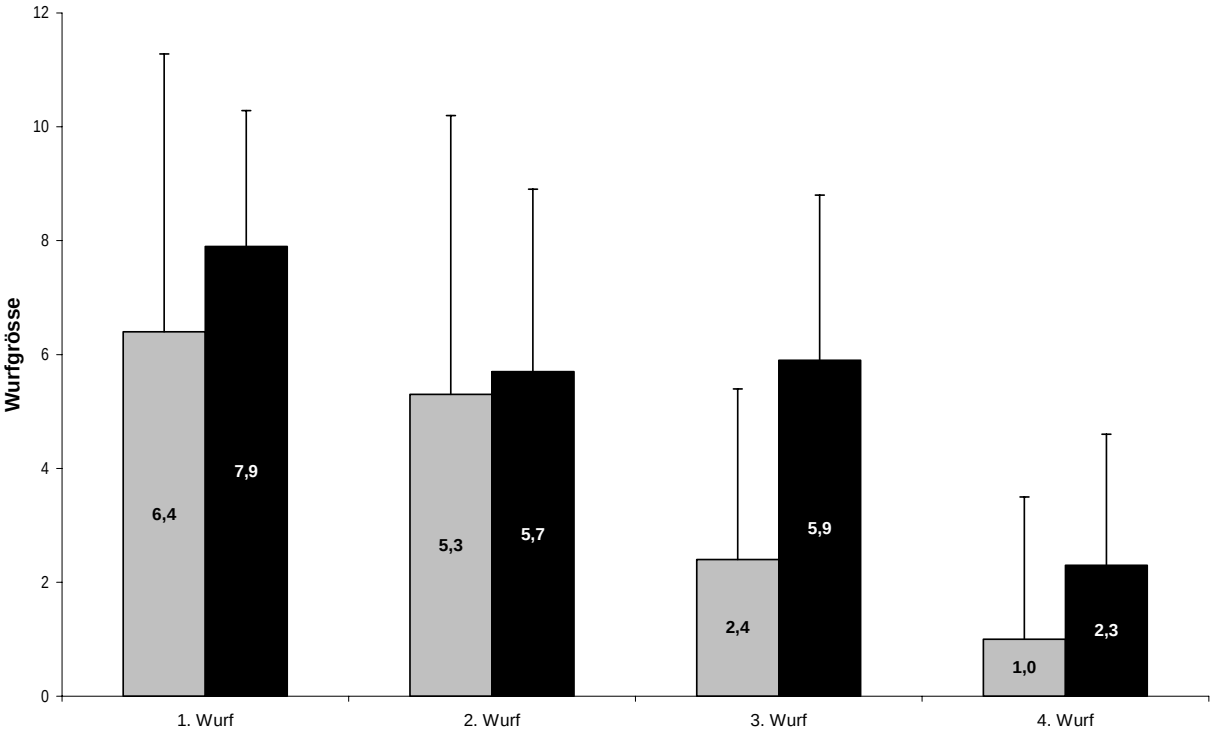
Grafik 30: Wurfgrösse am 10. Tag p.p. des vierten Wurfes.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad;
Balkenbeschriftung: Anzahl der Jungtiere; †: vorzeitig verstorbene Versuchstiere.



Grafik 31: Wurfgrösse beim Absetzen am 28. Tag p.p. des vierten Wurfes.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad;
Balkenbeschriftung: Anzahl der Jungtiere; †: vorzeitig verstorbene Versuchstiere.



Grafik 32: Mittlere Wurfgrösse und Standardabweichung am 10. Tag p.p.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad.

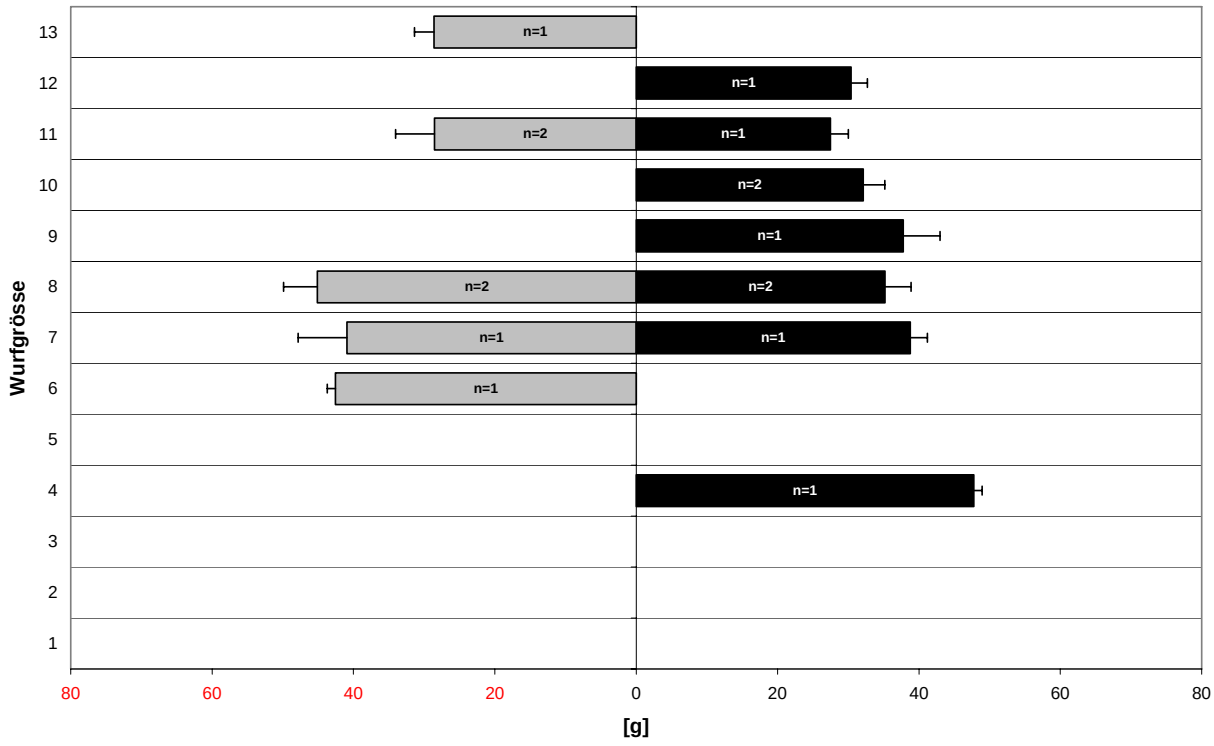


Grafik 33: Mittlere Wurfgrösse und Standardabweichung beim Absetzen am 28. Tag p.p.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad.

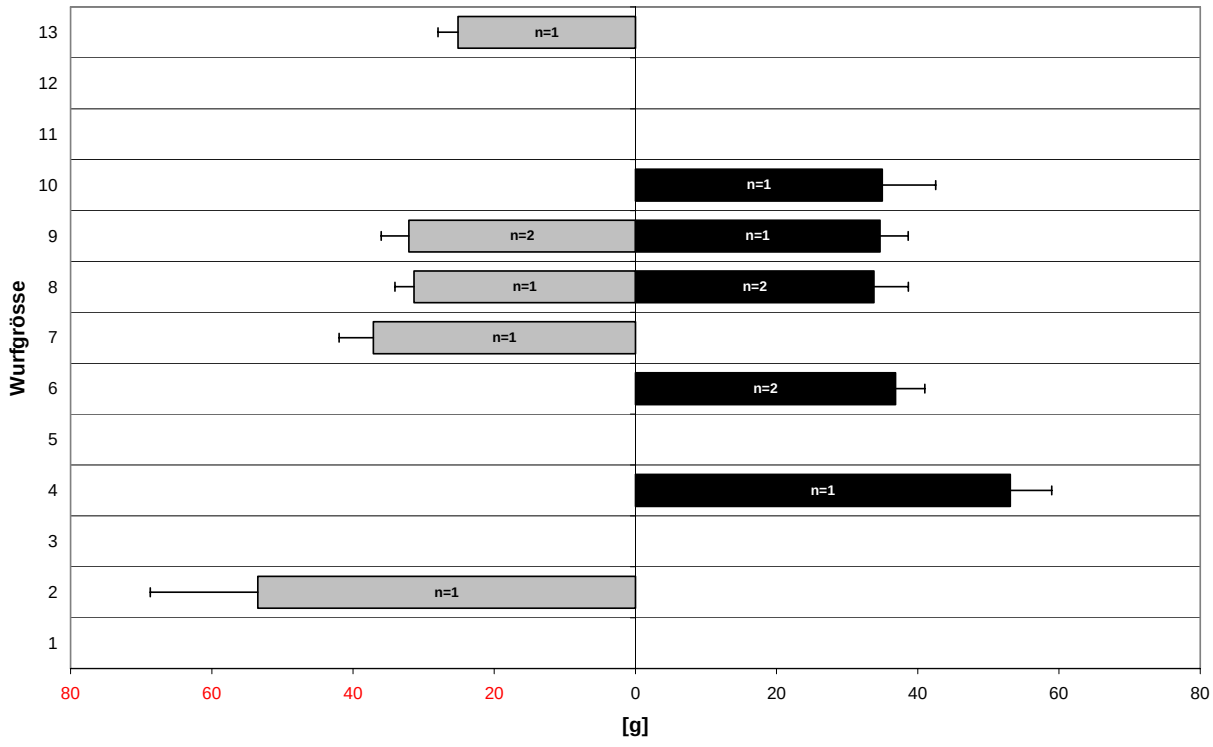
3.5.2 Relation zwischen Wurfgrösse und Körpergewicht der Jungtiere

Jungtiere aus grossen Würfen wiesen am 28. Lebenstag durchschnittlich geringere Körpergewichte auf als gleichaltrige Jungtiere aus zahlenmässig kleineren Würfen. Die Grafiken 34-37 zeigen andeutungsweise eine pyramidenartige Form. Die Spitze der Pyramide bildeten Würfe mit einer hohen Anzahl von Jungtieren (das Maximum lag bei dreizehn Jungtieren im ersten und zweiten Wurfdurchgang), die Basis nahmen kleine Würfe ein (das Minimum lag hier bei einem Jungtier im vierten Wurfdurchgang). Durch die schmale Spitze der Pyramide deutet sich an, dass die Jungtiere aus grossen Würfen durchschnittlich ein geringeres Körpergewicht aufwiesen als Jungtiere aus kleinen Würfen.

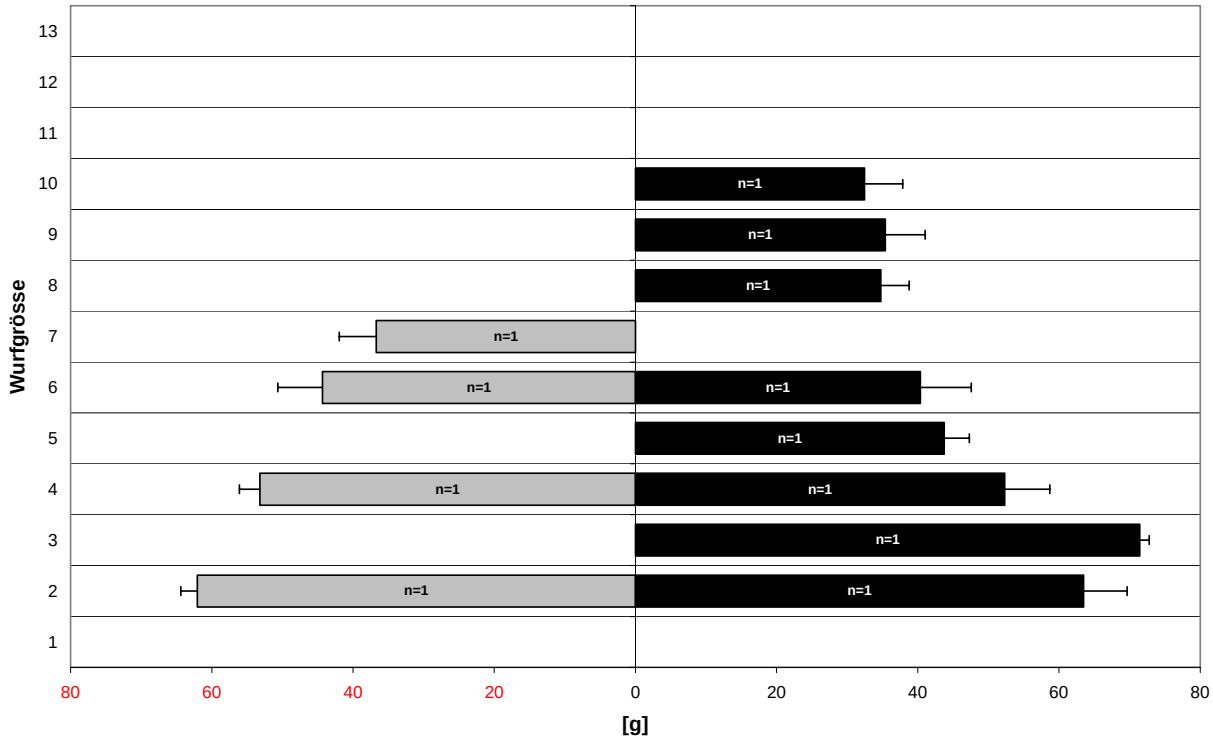
Vergleicht man die Körpergewichte von gleichaltrigen Jungtieren miteinander, die aus jeweils gleich grossen Würfen stammten, dann zeigt sich ein heterogenes Bild. Im ersten und vierten Wurfdurchgang waren die Jungtiere von Müttern mit Attrappe durchschnittlich schwerer, im zweiten Wurfdurchgang war es umgekehrt und im dritten Wurfdurchgang variabel.



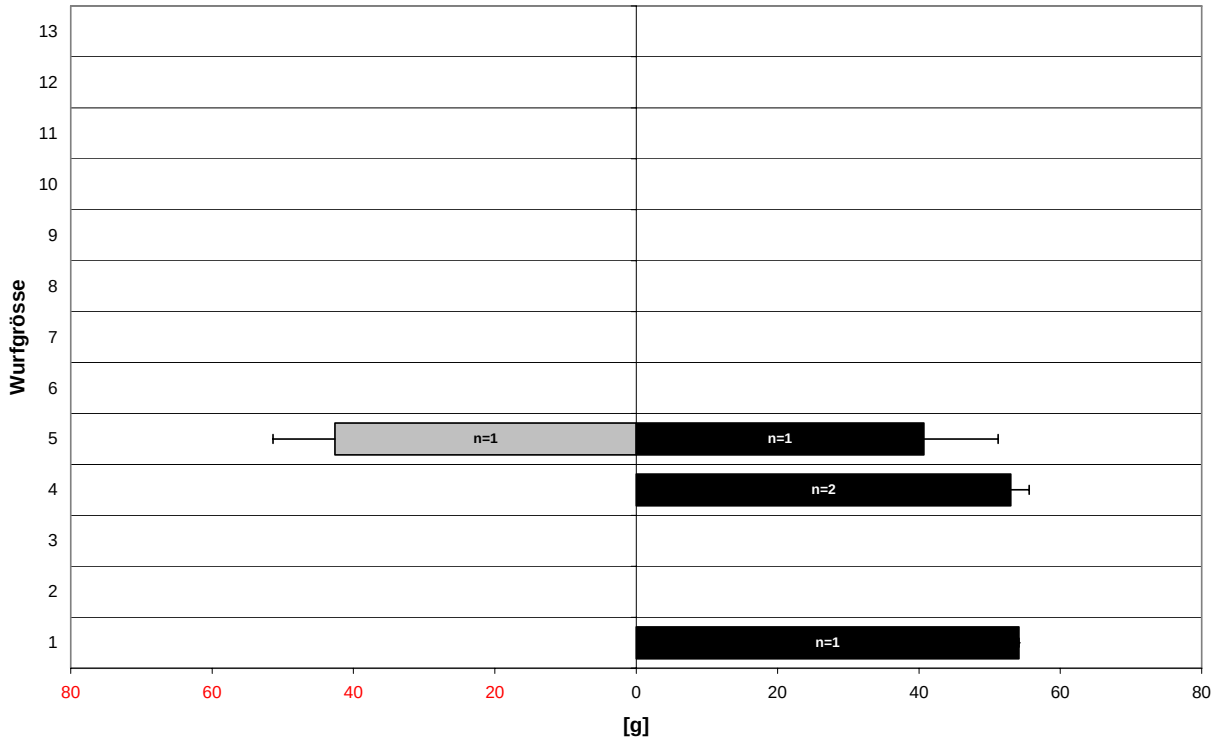
Grafik 34: Relation zwischen Wurfgrösse und Körpergewicht der Jungtiere des ersten Wurfes beim Absetzen am 28. Tag p.p.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad; n = Anzahl der Würfe.



Grafik 35: Relation zwischen Wurfgrösse und Körpergewicht der Jungtiere des zweiten Wurfes beim Absetzen am 28. Tag p.p.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad; n = Anzahl der Würfe.



Grafik 36: Relation zwischen Wurfgrösse und Körpergewicht der Jungtiere des dritten Wurfes beim Absetzen am 28. Tag p.p.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad; n = Anzahl der Würfe.



Grafik 37: Relation zwischen Wurfgrösse und Körpergewicht der Jungtiere des vierten Wurfes beim Absetzen am 28. Tag p.p.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad; n = Anzahl der Würfe.

3.5.3 Jungtierverluste

Bei der Auswertung der Jungtierverluste vom Zeitpunkt der Geburtsregistrierung bis zum Absetzen am 28. Tag post partum zeigten sich Unterschiede zwischen der Versuchstiergruppe mit Attrappe bzw. mit Laufrad (vgl. Grafiken 38-41 und Tabelle 22).

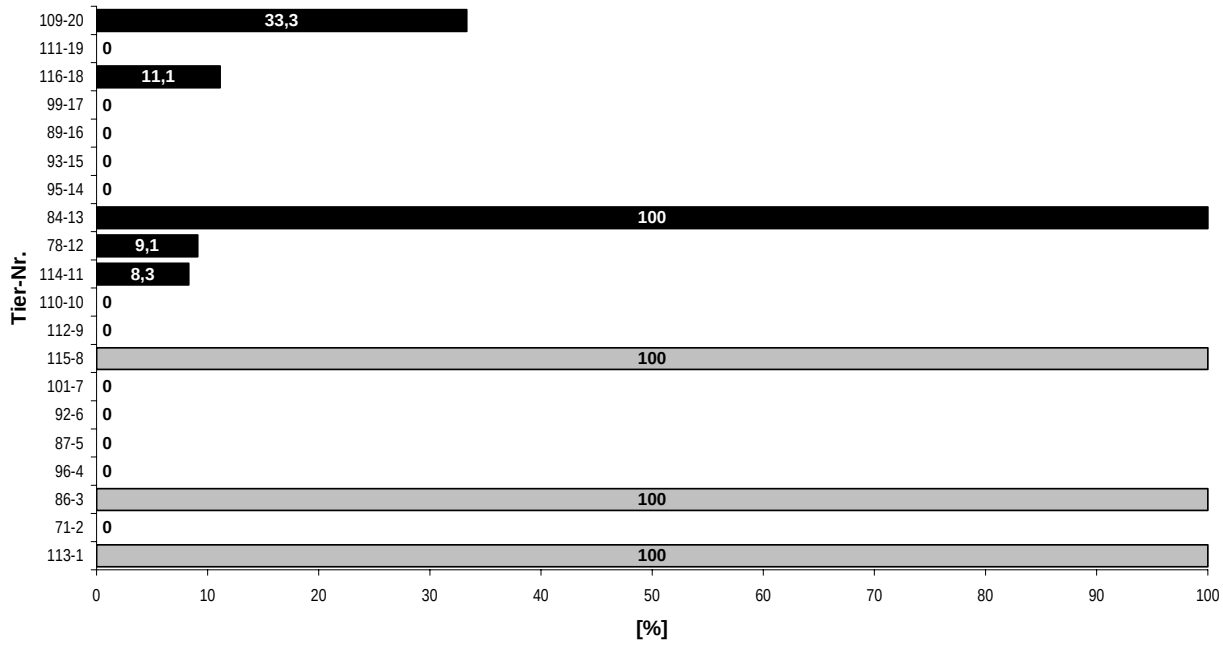
Tabelle 22: Vergleich der Jungtierverluste.

Jungtierverluste (Anzahl Tiere)	Versuchstiere mit Attrappe (insgesamt 32 Würfe)	Versuchstiere mit Laufrad (insgesamt 33 Würfe)
0	16 Würfe (50,0%)	14 Würfe (42,4%)
1	2 Würfe (6,3%)	11 Würfe (33,3%)
2	-	1 Wurf (3,0%)
3	-	1 Wurf (3,0%)
>3	-	1 Wurf (3,0%)
alle	14 Würfe (43,7%)	5 Würfe (15,3%)

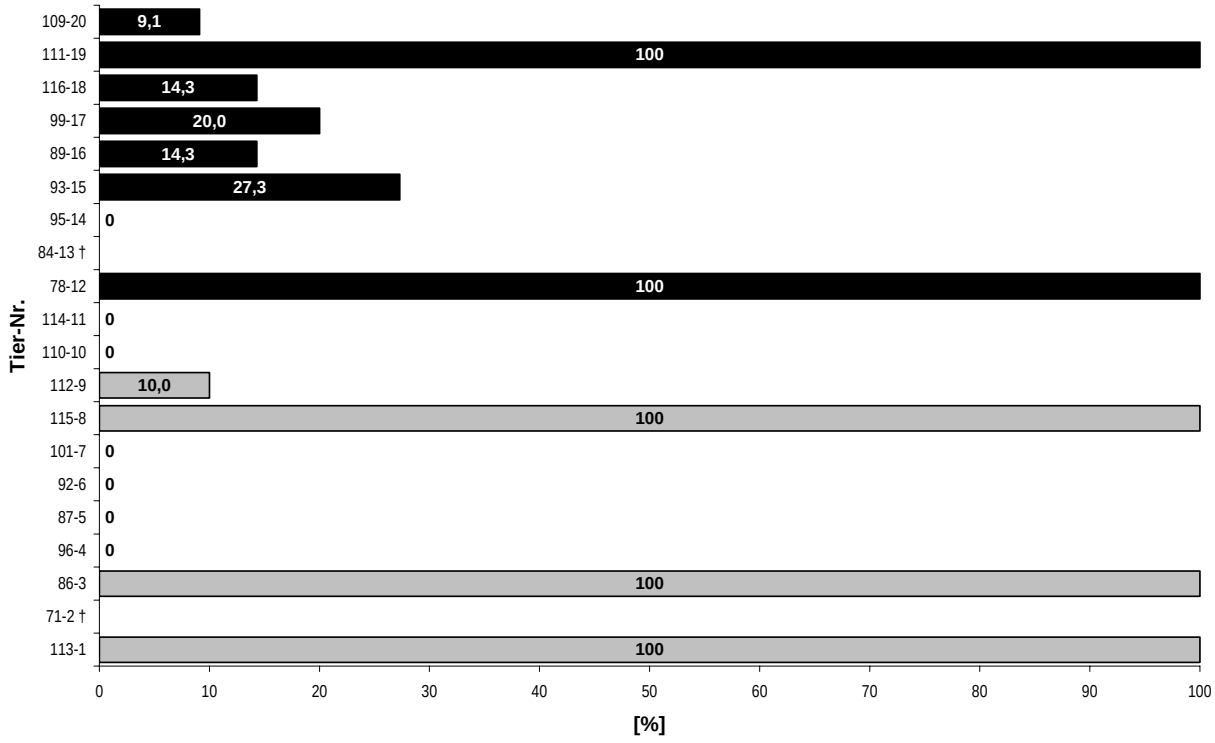
Die Versuchstiere mit Attrappe wiesen eher die Tendenz auf, entweder den ganzen Wurf bis zum Absetzen aufzuziehen oder aber alle Jungtiere in einem frühen Stadium aufzufressen. Nur zweimal kam es hier zu Verlusten von einem einzelnen Jungtier (2. Wurf von Versuchstier 112-9, Jungtierverlust von 10,0%, vgl. Grafik 39; und 4. Wurf von Versuchstier 96-4, Jungtierverlust von 16,7%, vgl. Grafik 41).

Bei den Versuchstieren mit Laufrad hingegen war es häufiger der Fall, dass es zu einem Verlust von ein bis vier Jungtieren bis zum Absetzdatum kam (vgl. Tabelle 22). Nur insgesamt fünfmal wurde in dieser Gruppe ein ganzer Wurf vorzeitig vom Muttertier aufgefressen – im Gegensatz zur Gruppe mit Attrappe, die fast dreimal öfter totale Jungtierverluste aufwies.

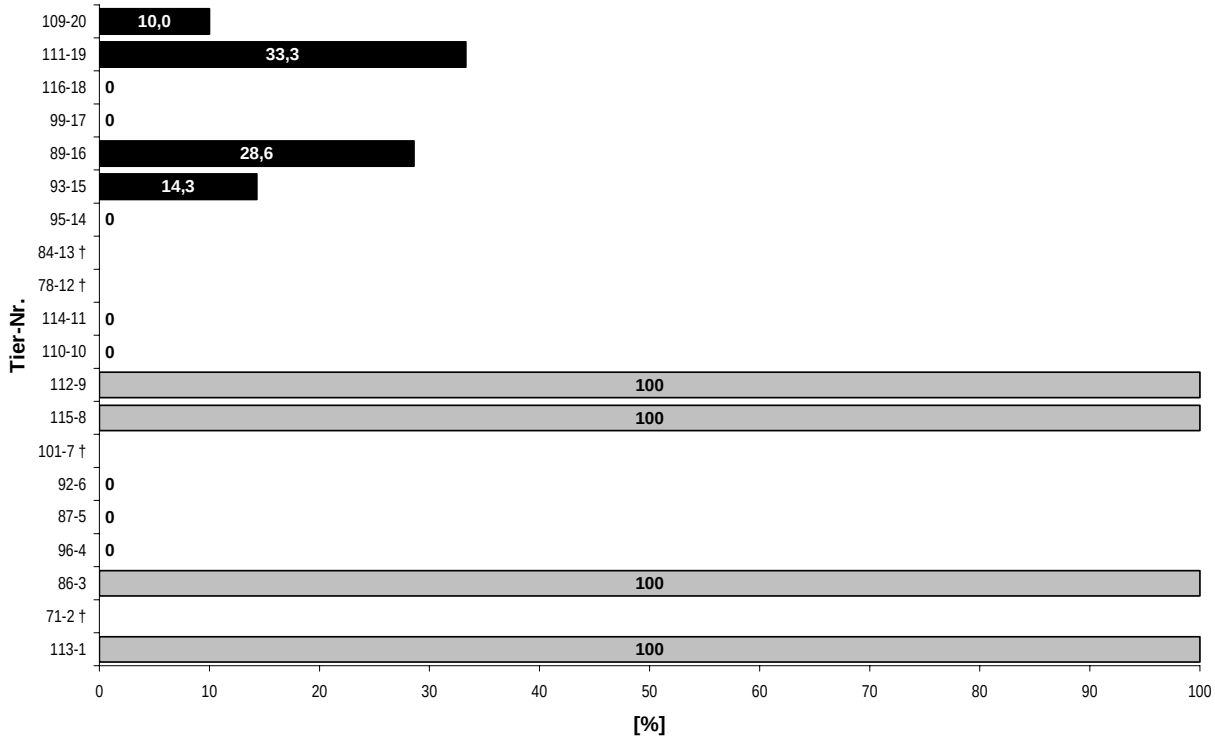
Wird die Grafik 42 betrachtet, die den direkten Vergleich zwischen beiden Gruppen aufzeigt, so wird ersichtlich, dass die Versuchstiere mit Laufrad in der Zeitspanne vom 10. Tag post partum bis zum 28. Tag post partum mit Ausnahme des vierten Wurfdurchganges höhere Jungtierverluste aufwiesen. Auch die Gesamtverluste über alle vier Wurfdurchgänge zeigen prozentual einen genau doppelt so hohen Jungtierverlust bei Versuchstieren mit Laufrad (12,4%) als bei der Schwesterngruppe mit Attrappe (6,2%).



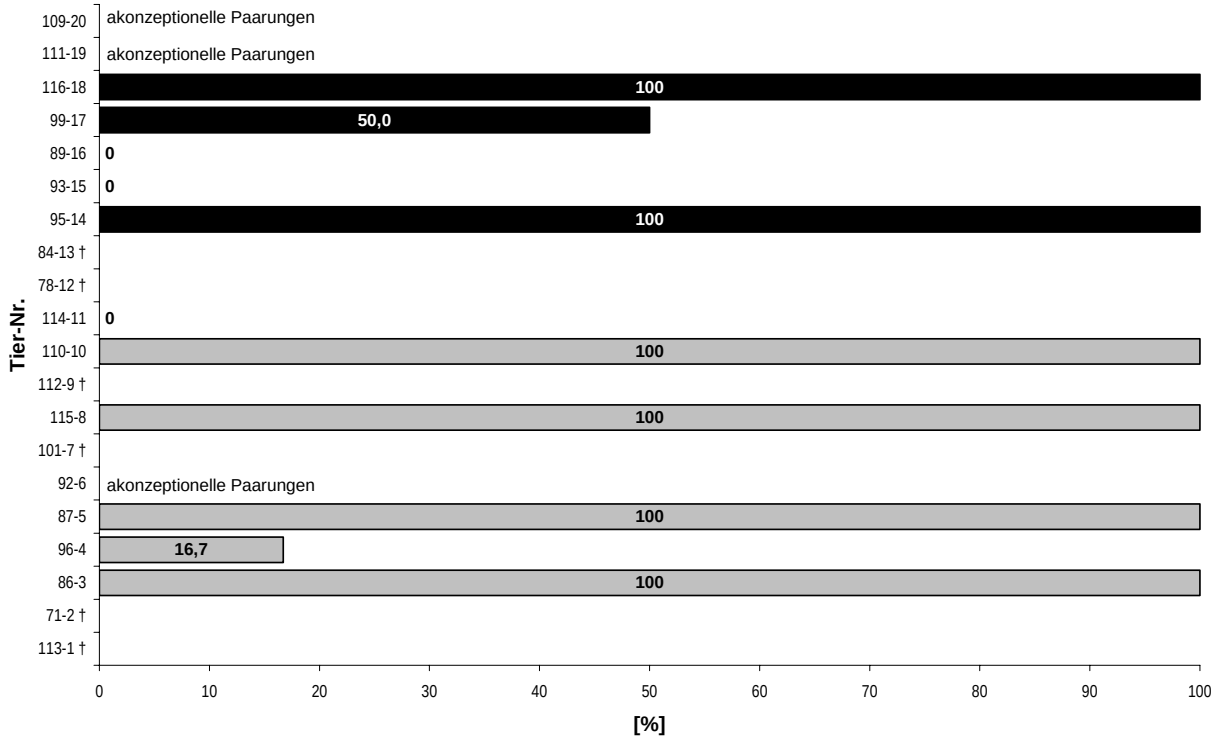
Grafik 38: Jungtierverluste während des ersten Wurfes bis zum Absetzen der Jungtiere am 28. Tag p.p.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad.



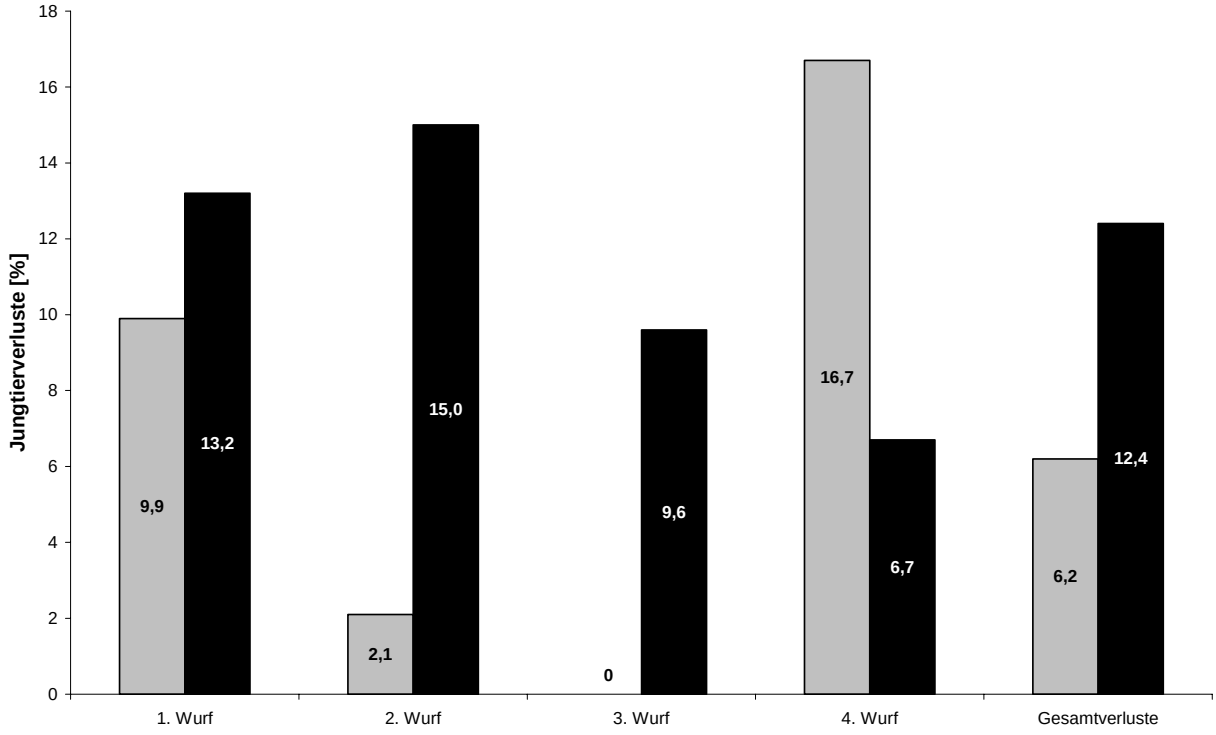
Grafik 39: Jungtierverluste während des zweiten Wurfes bis zum Absetzen der Jungtiere am 28. Tag p.p.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad;
†: vorzeitig verstorbene Versuchstiere.



Grafik 40: Jungtierverluste während des dritten Wurfes bis zum Absetzen der Jungtiere am 28. Tag p.p.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad;
†: vorzeitig verstorbene Versuchstiere.



Grafik 41: Jungtierverluste während des vierten Wurfes bis zum Absetzen der Jungtiere am 28. Tag p.p.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad;
†: vorzeitig verstorbene Versuchstiere.



Grafik 42: Prozentualer Anteil der Jungtierverluste in der Zeitspanne vom 10. Tag p.p. bis zum Absetzen am 28. Tag p.p.
Hellgrau: Tiere mit Attrappe; Schwarz: Tiere mit Laufrad.

4 Diskussion

4.1 Tierhaltung und Versuchstiere

Der Schwerpunkt der Studie lag in der Untersuchung des Laufradverhaltens bei Goldhamstern, die unter Heimtierbedingungen gehalten wurden. Der Schweizer Tierschutz STS (LERCH-LEEMANN UND GRIFFIN 1997) empfiehlt in seinem Merkblatt zur Hamsterhaltung eine minimale Grundfläche von 0,5 m^2, die den Hamstern zur Verfügung gestellt werden muss; die Deutsche Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz (2001) gibt als absolutes Mindestmass 0,3 m^2 an. Unter diesem Gesichtspunkt und angesichts der Tatsache, dass Käfige mit Gitteraufsatz immer noch sehr viel stärker unter den Heimtierhaltern verbreitet sind als Terrarien bzw. Vivarien (mündl. Mitteilung diverser Zoofachhändler, STRICKER 1999), wurde das Käfigmodell „massa“ mit den Massen 95x57x45 cm für die Tierhaltung ausgewählt. MANOSEVITZ UND PRYOR (1975) zeigten bei Mäusen, dass die Käfiggrösse einen wesentlichen Einfluss auf verschiedenste physiologische Parameter hat. Unter anderem waren Mäuse, die in grösseren Käfigen gehalten wurden, aktiver in „open-field“ Versuchen, setzten weniger Kot ab und wiesen ein höheres Körpergewicht auf. Diese Mäuse wurden als weniger gestresst und weniger ängstlich eingestuft. Entsprechend den Empfehlungen von HOLLMANN (1993), der die ethologischen Bedürfnisse des Goldhamsters berücksichtigt, und VERHOEF-VERHALLEN (ohne Jahr) wurden die Käfige nach Heimtierkriterien eingerichtet (vgl. Kapitel 2.2). Auf den Einbau von zusätzlichen Ebenen, wie sie verschiedentlich (z.B. vom Schweizer Tierschutz) gefordert werden, wurde aus aufnahmetechnischen Gründen verzichtet.

Um den ethologischen Ansprüchen des Goldhamsters gerecht zu werden, wurden die Versuchstiere einzeln gehalten, obwohl es in der Labortierhaltung durchaus üblich ist, mehrere Goldhamster zusammen im selben Käfig zu halten (ARNOLD UND GILLASPY 1994, ARNOLD UND WESTBROOK 1997). Allerdings fanden GATTERMANN ET AL. (2001), die 1997 bzw. 1999 in zwei Expeditionen nach Nordsyrien das Leben der wilden Goldhamster erforschten, keinen Bau, der von mehr als einem Adulttier bewohnt wurde. Wilde Goldhamster leben folglich solitär, und es gibt zahlreiche fach- und populärwissenschaftliche Berichte darüber, dass sich Goldhamster aufgrund ihrer Territoriumsansprüche und ihrer hohen intraspezifischen Aggressivität auch in Gefangenschaft unter Heimtierbedingungen artgerecht nicht in Gruppen halten lassen (DIAMOND UND MAST 1978, SCHMITZ 1992, HOLLMANN UND SKOGSTAD 1998, KUHNEN 2002, VERHOEF-VERHALLEN ohne Jahr). Hieraus ergeben sich auch nachhaltige Konsequenzen für die vorliegende Studie. Aufgrund der oben genannten Verhaltensbesonderheiten des Goldhamsters verbietet sich aus Tierschutzgründen eine permanente Paarhaltung. Dadurch wurde das Weibchen nicht zwangsläufig im kürzest

möglichen Abstand belegt, und somit konnte auch nicht das maximale Reproduktionspotential der Tiere ausgeschöpft werden. Weiterhin verweist ORSINI (1961) darauf, dass die Wurfgrössen bei einer Paarung im ausklingenden Östrus kleiner ausfallen bzw. eine Trächtigkeit komplett ausbleiben kann. Für Fragestellungen, die unter anderem das Reproduktionspotential als Parameter enthalten, sollte daher auf andere, permanent paarweise lebende Spezies zurückgegriffen werden.

Für den Zuchtaufbau wurden Goldhamster des Auszuchtstammes Laklbm:FUME der Firma RCC Ltd., Füllinsdorf BL (CH) verwendet (vgl. Kapitel 2.3 und 7.1) Das Ziel eines Auszuchtstammes ist es, eine möglichst grosse Heterozygotie innerhalb des Stammes zu erhalten (KÖHLER 1989). Dadurch werden die Fruchtbarkeit hoch und Krankheiten bzw. Gendefekte niedrig gehalten. In der durchgeführten Studie wäre es hingegen sinnvoller gewesen, Tiere eines Inzuchtstammes zu verwenden, um eine möglichst geringe genetische Variabilität innerhalb der Versuchstiere zu erhalten. Da zur Zeit die Nachfrage nach Goldhamstern in der Forschung aber stark zurückgeht (mündl. Mitteilung J. Davidson, Technical Manager bei Charles River Laboratories, Kisslegg, D), ist es nicht ganz einfach, an SPF-Goldhamster, die einem Inzuchtstamm angehören, zu gelangen.

Die Haltung der Versuchstiere im zur Verfügung stehenden Labortierraum (Grundfläche 18,6 m^2, vgl. Kapitel 2.1) war insofern problematisch, als dass zeitweise bis zu 45 Tiere, Männchen und Weibchen, teils mit Würfen, auf engstem Raum nahe beieinander gehalten wurden. FLOODY UND PFAFF (1977) und FLOODY ET AL. (1977) wiesen nach, dass Goldhamster mittels hochfrequenten, für den Menschen nicht wahrnehmbaren akustischen Signalen miteinander kommunizieren. Geschlechtsunterschiede, das Zyklusstadium und Umgebungsfaktoren bewirken Veränderungen in der Amplitude, der Frequenz und der Dauer der Signale. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Goldhamster dadurch einem ständigen latenten Stress ausgesetzt waren.

Zusätzlich litt der Tierbestand an einer Erkrankung, die bis zum Ende der Datenaufnahme nicht identifiziert werden konnte. Einzelne Goldhamster verendeten symptomlos, andere zeigten zentralnervöse Ausfallserscheinungen wie Gleichgewichtsstörungen, Kippen zur Seite und Rudern mit den Gliedmassen, Ataxie und Somnolenz. Traten diese Störungen in einem jungadulten Stadium auf, erholten sich die Tiere meist ohne bleibende Schäden. Bei Einzeltieren wurden im Rahmen von Sektionen als Nebenbefunde Hydrocephali nachgewiesen, die allerdings laut Aussage der Pathologen nicht ursächlich für das Verenden der Tiere verantwortlich gemacht werden können. Weitere Goldhamster zeigten eine progressive Alopezie,

die von der ventralen Halsfalte ausgehend den Bauch, die Schenkelinnenseiten und zuletzt auch den Rücken betraf. Auf der ventralen Körperseite kam meist eine sekundäre Pyodermie dazu, die gut auf eine Trimethoprim-Sulfonamid Therapie ansprach. Dadurch konnte der aufgetretene Pruritus gelindert werden. Auf der dorsalen Seite standen squamöse Veränderungen im Vordergrund. Ektoparasiten und ein Morbus Cushing wurden mit Sicherheit ausgeschlossen, hingegen kommt eine Allergie hauptsächlich aufgrund der histologischen Hautuntersuchungen weiterhin in Frage. Weitere Abklärungen werden zur Zeit getroffen. Mit fortlaufender Dauer der Symptome wurden die betroffenen Tiere kachektisch. Zwei Tiere verendeten aufgrund einer Diarrhoe, die auf die beeinträchtigte Darmflora bzw. eine Immundepression zurückzuführen ist.

4.2 Ethologie

Für die ethologische Datenerhebung wurden jeweils zwei Goldhamster gleichzeitig gefilmt. Aufgrund verschiedener, sich ergebender Vorteile wurde das Verhalten der Tiere in ihren Käfigen am Boden und nicht an ihrem üblichen Platz im Regal aufgenommen. Dadurch entstand mehr Platz, um die Videoausrüstung zu installieren. Weiterhin wurden die Licht- und Kontrastverhältnisse verbessert und somit bei der Auswertung verschiedene Verhaltensweisen besser differenzierbar gemacht. Ausserdem konnte die Kamera schräg über die Käfige positioniert werden. Die durch den Gitteraufsatz verursachten Reflexe wurden dadurch minimiert und das grösstmögliche Volumen der Käfige für den Beobacher sichtbar gemacht.

Aufgezeichnet wurden jeweils die ersten drei Stunden der Dunkelperiode, da nach GATTERMANN (1980, 1984) das Aktivitätsmaximum von Goldhamstern für Verhaltensweisen wie lokomotorische Aktivität, Fressen und Trinken in der ersten Hälfte der Dunkelperiode liegt. Oft werden die Maxima für genannte Verhaltensweisen bereits nach 15-20 Minuten nach Licht-aus erreicht. FRITZSCHE (1987) zeigte auf, dass die Maxima der Laufradaktivität im ersten Drittel der Dunkelperiode erreicht werden. Der Auswertungsmodus (alle 30 Minuten wurden fünf Minuten Videoaufzeichnung ausgewertet) scheint indessen für den gewählten Verhaltenskatalog nicht ideal. Gerade im letzten Videodurchgang wurden lebensnotwendige Verhaltensweisen wie Nahrungsaufnahme von der gesamten Laufradgruppe nicht mehr gezeigt. Da die Tiere aber gefressen haben müssen, um zu überleben, scheint der ausgewertete Videoausschnitt nicht repräsentativ genug zu sein, um das Verhalten der Goldhamster tatsächlich beurteilen zu können. Für ein vollständiges Ethogramm ist daher die Auswertung von durchgehenden Langzeitaufnahmen unumgänglich. Hinsichtlich des Katalogs der registrierten Verhaltensparameter sollte in künftigen Projekten auch ein

Kriterienpunkt „Verhalten nicht beurteilbar“ angefügt werden. Dies steht im Zusammenhang mit der computergestützen Auswertung der Videoaufnahmen, während derer jedem Zeitpunkt ein Verhaltensparameter zugeordnet werden muss. Hat sich der Goldhamster jedoch der Beobachtung entzogen (z.B. Aufenthalt im Häuschen), so wurde das unter Ruhen registriert, was nicht unbedingt der tatsächlichen Aktivität entsprechen muss (der Goldhamster kann während des Aufenthalts im Häuschen auch Nahrung aufgenommen oder sich geputzt haben).

Um den 50. Lebenstag zeigten beide Tiergruppen ein sehr ähnliches Verhaltensspektrum, das sich durch hohe Aktivität verteilt über den ganzen Käfig auszeichnet. BRANT UND KAVANAU (1965) betonen in ihrer Untersuchung mit Canyon-Mäusen (*Peromyscus crinitus*), dass ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Explorationsverhalten und genereller Aktivität besteht. Dieses führt zu einem für die Spezies typischen Bewegungsmuster, das durch Umweltfaktoren noch beeinflusst wird. Auffallend viel Zeit verbrachten beide Gruppen im jungadulten Stadium mit Nagen am Gitter (14,6% der Gesamtbeobachtungsdauer für die Attrappengruppe bzw. 16,2% für die Laufradgruppe). Gitternagen wird häufig als Stereotypie angesehen, die aufgrund suboptimaler Haltungs- und Umgebungsfaktoren auftritt (MASON 1991). WÜRBEL UND STAUFFACHER (1997) bemerken bei Mäusen einen Zusammenhang zwischen verfrühtem Absetzen der Jungtiere von der Mutter und erhöhtem Explorations- bzw. Fluchtverhalten. Diese zu früh abgesetzten Mäuse zeigen im Adultstadium vermehrt Stereotypien in Form von Gitternagen und Klettern am Käfigdeckel. WAIBLINGER (1999) zeigte bei Gerbils unter Labortierhaltung, dass auch das Anbieten von bearbeitbarem Nistmaterial und das freie Verteilen von Futter im Käfig nicht dazu beitragen konnte, die Frequenz des Gitternagens zu senken. WÜRBEL ET AL. (1998) betrachten Gitternagen bei Mäusen als eine Stereotypie, der ein bereits natürlich bestehendes Verhaltensmuster zu Grunde liegt (Nagen bei der Nahrungsaufnahme). Das Entwöhnungsalter scheint dabei auch hier eine wichtige Rolle zu spielen (zu früh entwöhnte Jungtiere suchen nach der Mutter und beginnen, am Gitter zu nagen). Äussere Ursachen wie z.B. zu tiefe Futtermengen, nicht motivierende Futterstruktur oder ungeeignetes Futter können orale Stereotypien wie das Gitternagen noch fördern. MORIN (1978) fand bei Goldhamstern einerseits eine circadiane Rhythmik des Nageverhaltens, die bei Männchen und Weibchen auftritt und der der Laufradnutzung stark ähnelt (vgl. Kapitel 4.3), andererseits hängt die Amplitude des Gitternagens vom Zyklusstadium des Weibchens ab. Diese Ergebnisse decken sich mit denen von RICHARDS (1966), der bei Ratten aufzeigte, dass die lokomotorische Aktivität, das Graben und das Gitternagen während des Östrus verstärkt auftraten. Die Beobachtung der eigenen Versuchstiere zeigte, dass das Gitternagen meist seinen Anfang am Nippel der Trinkflasche nahm und sich dann auf die direkt anlie-

genden Gitterstäbchen ausweitete. Es scheint, als ob die Goldhamster nicht direkt mit den Incisivi nagen, sondern die Gitterstäbchen eher auf dem Diastema kauen (vgl. Abbildungen 8 und 9). Diese Eindrücke stimmen mit den Beobachtungen von WÜRBEL UND STAUFFACHER (1997) an Mäusen überein.

Nachdem der einen Versuchstiergruppe das Laufrad zur Verfügung gestellt wurde, nahm die Gitternageaktivität in dieser Gruppe sehr stark ab (16,2% der Gesamtbeobachtungsdauer um den 50. Lebenstag; 3,2% um den 90. Lebenstag). Die Attrappengruppe verbrachte fast annähernd soviel Zeit mit Gitternagen wie ihre Schwesterntiere beim Laufradgebrauch. Insgesamt aber ging mit fortschreitendem Alter der Anteil der Gitternageaktivität in beiden Gruppen zurück. Dies stimmt nicht mit den Ergebnissen von WÜRBEL ET AL. (1998) überein, bei denen Mäuse mit zunehmendem Alter immer weniger Zeit mit Fressen, dafür immer mehr mit Gitternagen verbrachten.

Die Tabelle 23 fasst die Veränderungen hinsichtlich der lokomotorischen Aktivität und des stereotypen Nagens beider Gruppen im Untersuchungszeitraum zusammen.

Tab. 23: Anteil [%] der lokomotorischen Aktivität und des stereotypen Nagens an der Gesamtbeobachtungsdauer.
n = Anzahl der beobachteten Versuchstiere.

	Verhaltensweise	Videoaufnahmen			
		um den 50. Lebenstag (arretiertes Laufrad)	um den 90. Lebenstag (Laufrad in Betreib)	nach dem 2. Wurf (Laufrad in Betrieb)	nach dem 3. Wurf (Laufrad in Betrieb)
Tiere mit **Attrappe**	Lokomotorische Aktivität (Laufen, Klettern, Graben)	23,2 [n=10]	16,5 [n=10]	17,7 [n=6]	4,0 [n=3]
	Stereotyp. Nagen (Nagen am Gitter und an der Flasche)	15,3 [n=10]	15,7 [n=10]	1,8 [n=6]	0 [n=3]
Tiere mit **Laufrad**	Lokomotorische Aktivität (Laufen, Klettern, Graben, Laufradaktivität)	16,9 [n=10]	25,7 [n=10]	23,6 [n=4]	4,0 [n=3]
	Stereotyp. Nagen (Nagen am Gitter und an der Flasche)	17,9 [n=10]	3,2 [n=10]	4,5 [n=4]	0 [n=3]

Goldhamster, die das Laufrad nutzten, liefen üblicherweise nicht ohne Unterbruch im Rad, sondern verliessen dieses immer wieder für einen kurzen Augenblick. Auf den Sprung aus dem Laufrad hinaus folgte normalerweise ein kurzes Sichern, danach putzte und kratzte sich das Tier, um hinterher wieder ins Laufrad zurückzukehren und weiter zu laufen. Dieser Ablauf wiederholte sich jeweils diverse Male während der Beobachtungszeit und erklärt das erhöhte Komfortverhalten und Sichern der Laufradgruppe. Vermutlich wird durch dieses Komfortverhalten das Fell nach der „nicht natürlichen" Laufaktivität im Rad wieder geordnet.

Tiere der Attrappengruppe kletterten gerade im jungadulten Stadium mehr als ihre Schwesterntiere und bewegten sich auch häufiger frei im Käfig. Die Attrappe wurde von den Tieren gern als erhöhte Sitzebene, Kletter- oder Rückzugsmöglichkeit genutzt. Trotz nur bescheidener Möglichkeiten zeigten vereinzelte Goldhamster auch Grabeaktivität, die allerdings eher als ein Umschichten von Einstreu und Anlegen von Haufen bezeichnet werden muss. Besonders hochträchtige Tiere kurz vor der Geburt zeigten teilweise starkes Nistverhalten, wobei ein besonders gepolstertes Nest gebaut und/oder das Häuschen tief in die Einstreu eingegraben wurde. Einige Tiere legten ihr Nest auch ausserhalb des Häuschens im Heu oder in einer Käfigecke an. An dieser Stelle muss auf grosse individuelle Unterschiede innerhalb der lokomotorischen Aktivität hingewiesen werden. Die Goldhamster nutzten aber sowohl die ihnen angebotenen Einrichtungselemente als auch die Grösse des Käfigs für die lokomotorische Aktivität voll aus.

Allgemein kann bemerkt werden, dass Goldhamster ohne Zweifel ein grosses Bewegungsbedürfnis haben. Betrachtet man gesamthaft die lokomotorische Aktivität der Versuchstiere, so liegen die Maximalwerte der Attrappengruppe bei 23,2% der Gesamtbeobachtungsdauer, die der Laufradgruppe bei 25,7%. GATTERMANN ET AL. (2001) berichten von ihren Expeditionen nach Nordsyrien, dass die kürzeste Distanz zwischen zwei bewohnten Bauen 118 Meter betrug. Baue werden in freier Wildbahn hauptsächlich vertikal (Grabe- und Kletteraktivität) angelegt, haben eine durchschnittliche Länge von 200 cm (bis zu 900 cm) und bestehen aus mehreren Kammern. Goldhamsterbaue wurden hauptsächlich in Getreide- und Saatfeldern gefunden, wo die wildlebenden Goldhamster ihre Futterreserven sammeln (Bewegung im offenen Feld).

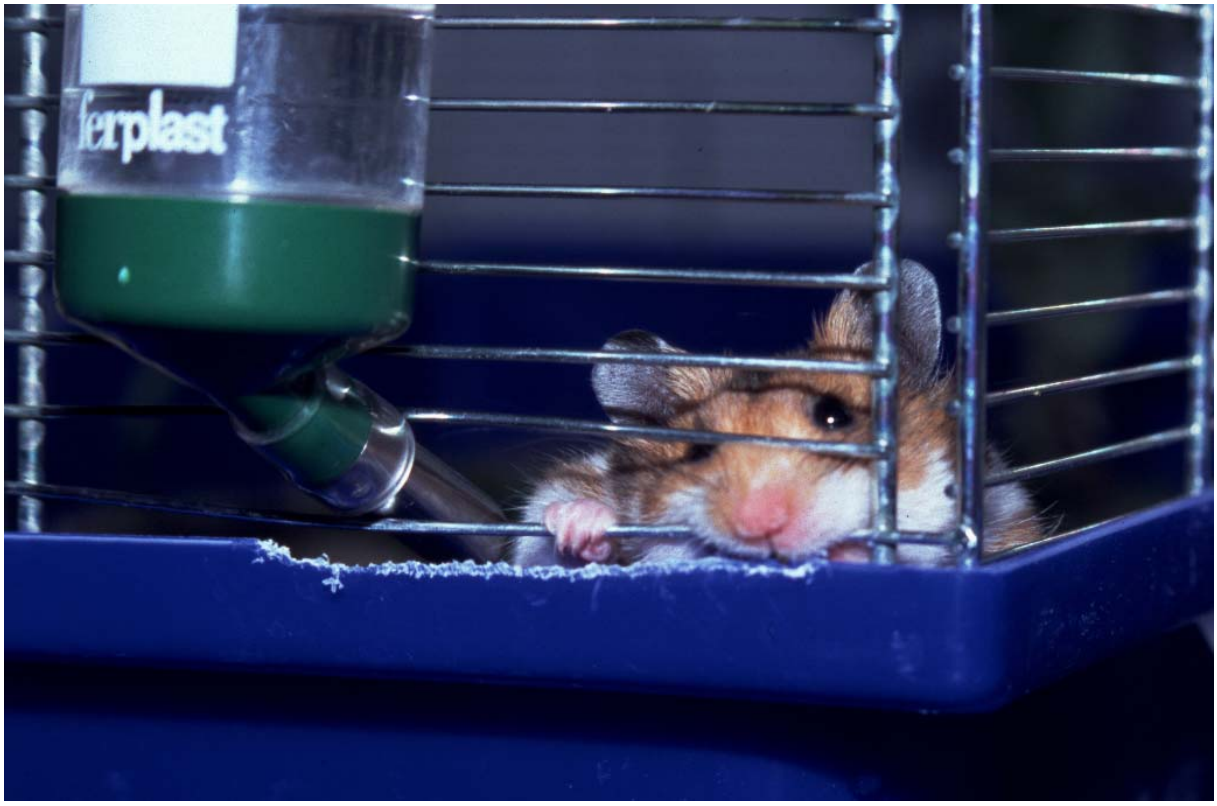


Abb. 8: Goldhamster beim Gitternagen.

Abb: 9: Goldhamsterschädel mit Darstellung des Diastemas (zahnloser Raum zwischen Incisivus und erstem Molar).

4.3 Laufradnutzung

Die Laufradnutzung wurde mit Hilfe der Chronobiology-Kit® Software aufgezeichnet. Es ist bedauerlich, dass die Datenaufnahme aufgrund technischer Probleme erst im Stadium der ersten Laktation bzw. ersten Ruheperiode in Gang kam. Gerade der Zeitpunkt der Inbetriebnahme des Laufrads und die anschliessende Phase der Laufradnutzung im jungadulten Stadium wäre sehr interessant gewesen bezüglich Klärung der Frage, ob die Laufradnutzung erst erlernt werden muss, oder ob die Tiere gleich von Beginn an solch grosse Distanzen zurücklegen (SHERWIN 1998).

Ähnlich wie das Gitternagen zeigt auch die Laufradaktivität eine circadiane Rhythmik (RICHARDS 1966, MORIN 1978). FRITZSCHE (1987) stellte bei Untersuchungen zur Infradianrhythmik beim Goldhamster fest, dass die Laufradaktivität während des ersten Drittels der Dunkelperiode am höchsten ist mit steil ansteigendem Maximum kurze Zeit nach Licht-aus. Unterschiedlich hingegen sind die Ansichten darüber, ob die Laufradaktivität vom Sexualzyklus des Goldhamsterweibchens abhängig ist. Bei GATTERMANN ET AL. (1985) zeigen 70% der Versuchsweibchen einen infradianen Lokomotorikrhythmus mit Laufradaktivitätsmaxima während des Proöstrus und des Östrus. Die erhöhte Aktivität während dieser Zeitspanne setzt sich aus verlängerter Aktivitätsdauer und Steigerung der Aktivität pro Zeiteinheit zusammen. Auch FRITZSCHE (1987) registrierte maximale lokomotorische Aktivität während des Proöstrus und des Östrus. Seiner Meinung nach hängt zwar die Intensität, nicht aber die Dauer der Laufradaktivität vom Sexualzyklus ab. Für MATHER (1981) besteht ein Zusammenhang zwischen der erhöhten Laufradaktivität während des Östrus und der zu diesem Zeitpunkt stattfindenden Partnersuche. Andere Ergebnisse erhielten LISK ET AL. (1983), bei denen die Laufradaktivitätsmaxima von Goldhamsterweibchen im Diöstrus lagen, und MORIN (1978), bei dem nur ein Teil der Goldhamsterweibchen ihr Maximum im Östrus erreichten. Die Auswertung der Laufraddaten der eigenen Versuchstiere ergab Übereinstimmungen mit den Ergebnissen von GATTERMANN ET AL. (1985) und MORIN (1978). Grösstenteils konnte eine erhöhte Laufradaktivität im Proöstrus und Östrus aufgezeigt werden. Es gab aber auch einzelne Versuchstiere, die ihr Laufrad völlig unabhängig vom Zyklus nutzten, und Individuen, die mit fortschreitendem Alter immer unregelmässiger liefen. Gleichzeitig muss aber auch erwähnt werden, dass die Bestimmung des Östrus aus personellen und zeitlichen Gründen nicht mit Hilfe der Vaginalzytologie vorgenommen wurde wie beispielsweise bei GATTERMANN (1985), sondern rein rechnerisch mit der Konzeption als Ausgangspunkt. Blieben mehrere Paarungsversuche akonzeptionell, konnte somit auch der Zyklus während der vorangegangenen Ruheperiode nicht nachvollzogen werden. Diese Methode ist sehr viel

weniger exakt als die Vaginalzytologie und sollte in Zukunft bei ähnlicher Fragestellung nicht mehr angewendet werden.

Abschliessend stellt sich die Frage, ob die auch in der eigenen Studie nachgewiesene circadiane und infradiane Rhythmik ans Laufrad gebunden ist. TOMLJENOVIC BORER (1974) konnte nämlich bei auf Drehscheiben laufenden Goldhamstern weder eine circadiane Rhythmik noch einen geschlechtsspezifischen Unterschied im Laufmuster der Goldhamster feststellen. WEINERT ET AL. (2001) verglichen den Goldhamster-Auszuchtstamm Zoh:GOHA mit Wildfängen bzw. der ersten Nachzuchtgeneration von Wildfängen. Beide Gruppen wurden unter Laborbedingungen gehalten und ihnen wurde der auch in der eigenen Studie verwendete Laufradtyp (vgl. Kapitel 2.2) zur Verfügung gestellt. Sowohl der Laborstamm als auch die Wildfänge wiesen einen sehr ähnlichen Aktivitätsrhythmus auf. Hingegen unterschieden sie sich stark in der Laufleistung. Die Mittelwerte des Laborstammes, gemessen während 20 Tagen, lagen bei 5306 Umdrehungen/Tag, die der Wildfänge bei 16'862 Umdrehungen/Tag. Eigene Ergebnisse der Laufleistung unter Heimtierhaltung lagen bei durchschnittlich 3079 Umdrehungen/Tag. Allerdings erstreckte sich die Datenaufnahme durchschnittlich über 136 Tage (vom 26.11.2001 bis zum Ende der 4. Laktation; maximal jedoch bis zum 01.07.2002), und berücksichtigt wurden nur die Laufleistungen während der Ruheperioden und der Trächtigkeiten, nicht aber diejenigen während der Laktationen, da zu jenem Zeitpunkt nicht bestimmt werden konnte, welchen Anteil die Jungtiere an der registrierten Laufaktiviät hatten. Die Jungtiere nutzten das Laufrad, sobald sie gross genug waren, um hineinklettern zu können - im Normalfall ab der 3. Lebenswoche. KOTEJA ET AL. (1999) und BRONIKOWSKI ET AL. (2001) zeigten am Beispiel von Hausmäusen auf, dass Tiere mit hoher Laufradleistung nicht länger, sondern schneller laufen. Bemerkenswert scheint der Einfluss der Tierhaltung auf die Laufleistung zu sein. Verschiedenste Studien untersuchten den Einfluss von Futterentzug auf die Laufleistung im Rad (Übersicht bei SHERWIN 1998). Die Tabelle 24 gibt Auskunft über die von verschiedenen Spezies zurückgelegten Distanzen während eines Futterentzugs. Diese Studien sind allerdings nicht direkt mit der eigenen vergleichbar, da sowohl die Haltungsbedingungen als auch die Laufradtypen völlig unterschiedlich waren.

Tabelle 24: Im Laufrad zurückgelegte Distanzen verschiedener Spezies unter Futterentzug (nach SHERWIN 1998)

Tierspezies	Laufraddistanz pro 24 h
Ratte	43 km
Nicht domestizierte Maus	31 km
Labormaus	16 km
Goldhamster	9 km
Mongol. Rennmaus	8 km
Lemming	19 km
Rotfuchs	17 km

Der von RICHARDS (1966) gefundene Wert von 9 km/ 24h für Goldhamster liegt ebenfalls deutlich über den eigenen Ergebnissen von durchschnittlich 3079 Umdrehungen/Tag, was einer zurückgelegten Laufradstrecke von 2,9 km/ 24h entspricht. Das wirft zumindest die Frage auf, ob Tiere bei Futterentzug eine grössere Distanz zurücklegen, weil sie längere Zeit bzw. „weiter weg" vom Ausgangspunkt nach Futter suchen (MATHER 1981). FRITZSCHE (1987), der Goldhamster unter Laborbedingungen in Standardkäfigen hielt und dieselben Laufradtypen wie in der eigenen Studie (vgl. Kapitel 2.2) verwendete, erhielt bei seiner Untersuchung sehr viel tiefere Maximalwerte für die Laufleistung (Umdrehungen/Tag) als in der eigenen Studie mit Versuchstieren unter Heimtierhaltung. Die Maximalwerte (Mittelwerte von acht Goldhamstern) unter Labortierhaltung lagen im Bereich von 5000-6000 Umdrehungen/Tag, während die Maximalwerte bei den eigenen Versuchstieren zwischen 6357 (78-12) und 19'782 (114-11) Umdrehungen/Tag lagen (vgl. Kapitel 3.2), was einer zurückgelegten Laufraddistanz zwischen 6 und 18,6 Kilometern entspricht.

Diese Ergebnisse müssen in verschiedener Hinsicht kritisch betrachtet werden. Einerseits konnte das Versuchstier beim Verlassen des Laufrads das Rad in Schwung versetzen, sodass es noch einige Runden „leer" weiterdrehte. Andererseits bestand die Möglichkeit, dass das Versuchstier beim Klettern vom Gitteraufsatz her auf die äussere Seite des Laufrads gelangen und das Rad somit von aussen zum Drehen bringen konnte. Weiter wurde das diensthabende Personal angehalten, täglich kurz am Laufrad zu drehen, um die Funktion des Computer-programms zu überprüfen. All diese Fehlerquellen konnten in gleichem Ausmass in allen Laufradkäfigen auftreten, allerdings wurde dadurch die Grössenordnung der Laufleistung der Versuchstiere nicht erheblich verändert, da es sich jeweils nur um wenige zusätzliche Umdrehungen handelte. Zudem müssen die zurückgelegten Laufraddistanzen bezüglich der Laufleistung kritisch betrachtet werden. Es steht ausser Frage, dass eine im Laufrad

zurückgelegte Distanz nicht einfach mit einer im freien Gelände gelaufenen Strecke gleichgesetzt werden kann (SHERWIN 1998). Wird das Laufrad erst einmal mit einem gewissen Kraftaufwand in Schwung gebracht, so dreht es anschliessend relativ leicht mit einer Regelmässigkeit, ohne dass der Goldhamster dafür besonders Kraft aufwenden muss. Vorausgesetzt wird dabei, dass die Räder tadellos funktionieren, nicht eiern und keine Reibungsflächen aufweisen, die den Widerstand erhöhen. Bewegt sich ein Goldhamster hingegen in offenem Feld, so muss er unterschiedliche Bodenbeschaffenheiten und ansteigendes bzw. abfallendes Gelände bewältigen, was immer wieder mit zusätzlichem Kraftaufwand und wechselndem Bewegungsmuster verbunden ist.

Betrachtet man die Ergebnisse der Laufradaktivität der Versuchstiere genauer, so ist nicht nur die Laufleistung bemerkenswert, sondern auch die Verteilung der Laufradnutzung während der Zeitspanne der Datenaufnahme. Von den meisten Versuchstieren wurde das Laufrad am häufigsten während der Jungadultphase genutzt. Die Goldhamster befanden sich zu jenem Zeitpunkt in einem guten Gesundheitszustand, sie waren kräftig und sehr vital. Mit zunehmendem Alter jedoch ging in der Regel das Interesse am Laufrad zurück. Dies stimmt mit den Beobachtungen von SHERWIN (1998) überein. Sowohl die im Laufrad verbrachte Zeit als auch die zurückgelegten Distanzen wurden kürzer (vgl. Kapitel 3.2). Dies kann einerseits auf das Alter, andererseits auf den Gesundheitszustand der Versuchstiere zurückgeführt werden. Weiter fällt auf, dass jeweils zu Beginn einer Laktation die Laufradnutzung sehr stark zurückging oder an einzelnen Tagen ganz sistierte. Das Weibchen scheint sich nach einer Geburt zunächst voll und ganz der Jungtierpflege zu widmen. Diese Beobachtung geht mit der Tatsache einher, dass die Laufradnutzung während ungefähr zehn Tagen stark abfiel. In dieser Zeitspanne sind die Jungtiere zunächst vollständig auf die Muttermilch, bzw. später auf die von der Mutter ins Nest eingetragene Nahrung angewiesen. Erst danach beginnen sie allmählich, selbständig das Nest zu verlassen und Futter zu suchen. Der Rückgang der Laufradnutzung war jedoch nur bei Goldhamsterweibchen zu beobachten, die ihre Jungtiere auch tatsächlich aufzogen, nicht aber bei jenen, die den Wurf sofort nach der Geburt auffrassen. Dies stimmt mit den Ergebnissen von FRITZSCHE (1987) überein, bei dem die Laufradaktivität einzelner Goldhamsterweibchen bereits nach der Konzeption stark zurückgeht und dann bei allen Tieren während der ersten vierzehn Laktationstage niedrig bleibt. Weiter konnte FRITZSCHE (1987) aufzeigen, dass zwar die Laufradnutzung während der Gravidität bei Einzeltieren abfallen mag, nicht so aber die freie lokomotorische Aktivität im Käfig, die durch den Nestbau hoch gehalten wird.

Es stellt sich die Frage, welchen Beweggrund ein Tier hat, ein ihm angebotenes Laufrad zu nutzen. Einige Autoren unterstreichen die physiologischen Auswirkungen der Laufradnutzung; so zum Beispiel GOLOMBEK ET AL. (1993), die eine erhöhte Körpertemperatur bei laufradnutzenden Goldhamstern nachwiesen. GOODRICK (1980) zeigte bei laufradrennenden Ratten eine erhöhte Lebensdauer auf, und bei HOLLOSZY (1992) hatten laufradrennende Ratten zwar ein niedrigeres Körpergewicht (vgl. Kapitel 4.4); sie nahmen jedoch nicht mehr Futter auf als die Kontrollgruppe, um den durch die Laufaktivität erhöhten Energiebedarf zu decken. Andere Autoren betonen den ethologischen Aspekt des Laufradgebrauchs. Steht die Laufradnutzung im Zusammenhang mit Explorations- oder Fluchtverhalten, oder geht es in erster Linie um die Befriedigung eines Bewegungbedürfnisses? In der Untersuchung von BRANT UND KAVANAU (1964) verbrachten Mäuse den grössten Anteil ihrer Zeit mit Explorationsverhalten in kompliziert angelegten Labyrinthen. Sobald ihnen aber ein Laufrad angeboten wurde, kam es zu einem massiven Rückgang des Explorationsverhaltens, und die Mäuse verbrachten annähernd ihre ganze Zeit im Laufrad. Das Laufrad scheint also von den Tieren als „wichtig“ wahrgenommen zu werden (SHERWIN 1998). SHERWIN (1998) betont weiter, dass die Laufradnutzung weder eine Stereotypie noch ein Ersatzverhalten darstellt, sondern dass laufradaktive Tiere um der Sache willen laufen (weil sie die Tätigkeit als wichtig wahrnehmen) und dass das Laufen selbstverstärkend auf die Motivation der Tiere wirkt. Er stuft die Laufradaktivität insofern als abnormal ein, als dass es in der Natur keine vergleichbare Verhaltensweise gibt. MATHER (1981) hingegen sieht in der Laufradaktivität ein Ersatzverhalten und bezeichnet es als eine Art exploratives Wanderverhalten, wobei die Tiere auf der Suche nach einer sich ausserhalb des Käfigs befindenden Ressource sind. Das verfolgte Ziel kann vom laufenden Tier nicht wahrgenommen werden, was nach MATHER (1981) echtem Explorationsverhalten entspricht, und die Laufradaktivität reflektiert somit nur das Bedürfnis des Tieres, zu erkunden.

In der populärwissenschaftlichen Literatur wird das Thema meist etwas weniger differenziert angegangen. Im allgemeinen wird angeraten, dem Goldhamster als Heimtier ein Laufrad anzubieten, damit dieser sein Bewegungsbedürfnis stillen kann, gerade auch wenn er keinen freien Auslauf im Zimmer hat. HOLLMANN UND SKOGSTAD (1998) definieren Anforderungen ans Laufrad, sodass die Gesundheit des Tieres geschützt wird. Gleichzeitig weisen sie aber auch darauf hin, dass das Laufen im Laufrad eine Stereotypie darstellt und in die Reihe der käfigbedingten Verhaltensstörungen gehört. Ihrer Meinung nach kann die Laufradaktivität zur Sucht werden und bei Entfernung des Rades können Entzugserscheinungen auftreten. Auch VERHOEF-VERHALLEN (ohne Jahr) befürwortet grundsätzlich das Anbieten eines Laufrades,

weist aber auf Einzeltiere hin, die so versessen auf das Laufrad sein können, dass sie regelrecht eine Zwangsneurose entwickeln.

Diesen Überlegungen, ob die Laufradaktivität einer Stereotypie oder einer Sucht entspricht, soll abschliessend etwas mehr Beachtung geschenkt werden. MASON (1991) definiert Stereotypie als ein repetitives, invariantes Verhaltensmuster ohne offensichtliche Ziele und Funktionen. Stereotypien scheinen auf gefangene Tiere beschränkt zu sein und stehen oft im Zusammenhang mit suboptimalen Haltungsfaktoren. Unter diesen Gesichtspunkten kann die Laufradnutzung als Stereotypie bezeichnet werden. Anders sieht es SHERWIN (1998), der betont, dass sich die Laufradaktivität nicht über eine längere Zeit entwickelt, wie dies sonst üblich ist bei Stereotypien, sondern dass verschiedenste Spezies innerhalb weniger Minuten nach Anbieten das Laufrad auch nutzen. Tiere laufen genauso in komplexer Umgebungsgestaltung bzw. in für das Tier absolut neuer Umgebung im Laufrad, und nicht nur unter monotoner Umgebung, wie das bei Stereotypien oft postuliert wird. Weiter sind die Tiere hoch motiviert und bereit, Arbeit zu leisten, um Zugang zum Laufrad zu erhalten. Für SHERWIN (1998) reichen diese Argumente aus, um die Laufradaktivität nicht zu den Stereotypien zu zählen.

Aus der Humanmedizin kennt man mannigfaltige, vorwiegend positive Einflüsse, die regelmässige Bewegung (z.B. in Form von Jogging) auf den Menschen hat. CHAOULOFF (1989) weist auf die enge Verbindung zwischen körperlicher Betätigung und mentaler Gesundheit hin. Physische Betätigung verringert Depressionssymptome und Ängstlichkeit und verbessert das Befinden und den Umgang mit Stress. DISHMAN (1997) bestätigt diese Ergebnisse anhand von Tiermodellen. Regelmässiges Laufen im Laufrad oder auf Laufbändern wirkt antidepressiv und anxiolytisch. RAGLIN (1990) zieht ähnliche Schlüsse und verweist auf die verbesserte Selbstwahrnehmung und auf die präventive Wirkung einer regelmässigen körperlichen Betätigung. Gleichzeitig räumt er ein, dass Menschen, die auf einem exzessiven Niveau trainieren, davon auch abhängig werden können, was unter anderem zu emotionalen Störungen führen kann. COTMAN UND ENGESSER-CESAR (2002) wiesen bei laufradnutzenden Ratten ein verbessertes Lernverhalten nach. Die körperliche Betätigung scheint die Gehirnfunktion zu steigern oder zumindest zu unterstützen.

Die positiven Gefühle im Zusammenhang mit körperlicher Betätigung werden im allgemeinen den körpereigenen Endorphin- und Monoaminsystemen zugeschrieben (CHAOULOFF 1989, EIKELBOOM 1999). Diese Systeme wirken analgetisch und euphorisierend (DORSCH ET AL. 1982), und es kommt zum sogenannten „Jogger's high". SHERWIN (1998) spricht den Rausch-

zustand an, in den ein Tier während der Laufradaktivität geraten kann. Er vergleicht die Geschwindigkeits- und Richtungsänderungen im Laufrad mit denjenigen einer Achterbahn auf dem Rummelplatz. EIKELBOOM (1999) versucht, Parallelen zwischen körperlicher Betätigung beim Menschen und Laufradnutzung beim Tier zu ziehen. Er verweist auf die moderne westliche Gesellschaft, die Büro- und Stubenhocker, die auch nur ihre überschüssige Energie und ihren Bewegungsdrang irgendwo ausleben wollen, genauso wie in Gefangenschaft gehaltene Tiere. Er erwähnt die positiven Effekte in Bezug auf Befinden und mentaler Gesundheit und fragt sich, warum dies bei laufenden Tieren nicht dieselbe Wirkung haben sollte wie beim Menschen. Gleichzeitig macht er aber auch darauf aufmerksam, dass sowohl Tiere als auch Menschen süchtig nach körperlicher Betätigung werden können, und sich dieser Sucht nicht mehr entziehen können, selbst wenn es medizinisch indiziert ist.

Verschiedenste Definitionen zum Thema Sucht sind in den Standardnachschlagewerken aus Medizin und Psychologie aufgeführt. Der Begriff „Sucht“ sollte nach Empfehlung der WHO durch „Abhängigkeit“ ersetzt werden (Quelle: Roche Lexikon Medizin). Allen Definitionen sind zwei Punkte gemeinsam, die im folgenden kurz zusammengefasst werden:

- Der Abhängige tut alles in seiner Macht stehende, um in allen Lebenslagen seiner Abhängigkeit nachkommen zu können (zwanghafte Befriedigung eines Bedürfnisses [DORSCH ET AL. 1982])
- Es treten Entzugserscheinungen auf, wenn das entartete Bedürfnis nicht mehr befriedigt werden kann

Sind die Goldhamster also süchtig bzw. abhängig vom Laufrad? Nimmt man die oben erwähnten Definitionen als Grundlage, so muss die Frage verneint werden. Im Gegenteil, die Versuchstiere zeigten eine Art „vernünftigen“ Umgang mit dem Laufrad. Übereinstimmend mit den Ergebnissen von FRITZSCHE (1987) wurden jeweils nach der Geburt eines Wurfes die Mutterpflichten wahrgenommen und auf die Laufradnutzung wurde fast gänzlich verzichtet. Zudem ging mit dem Alter oder bei schlechter Gesundheit die Laufradaktivität stark zurück. Die Tiere scheinen also sehr gut selbst spüren zu können, wann das Laufrad das für sie geeignete Mittel ist, um ihr Bewegungsbedürfnis zu stillen (vgl. Abbildung 10).

Abb. 10: Goldhamster während der Laufradnutzung.

4.4 Körpergewichtsentwicklung und Ultraschall

Weisen Goldhamster mit regelmässiger Laufradaktivität auch eine besser ausgebildete Quadriceps-Muskulatur auf als die Schwesterntiere mit Attrappe? Aus der Physiologie und der Sportmedizin ist bekannt, dass sich die Art des regelmässigen Trainings (Ausdauertraining versus Krafttraining) beim Menschen auf die Skelettmuskelmorphologie auswirkt. SUWA ET AL. (2003) konnten in ihrer Untersuchung mit Ratten, deren Verhältnis von Skelettmuskelfaseranteilen genetisch verändert wurde, aufzeigen, dass die regelmässige Laufradaktivität die mechanischen Eigenschaften der Skelettmuskulatur beeinflussen. GOLDSPINK UND WARD (1979) wiesen nach, dass zwar die totale Anzahl der Muskelfasern über die Zeit konstant bleibt, hingegen aber die Art des Trainings einen Einfluss auf den Grad der entstehenden Muskelhypertrophie hat. Ähnliche Ergebnisse erhielten auch DESCHENES ET AL. (1995), die Ratten einem regelmässigen Ausdauertraining auf dem Laufband aussetzten.

Die Frage, ob Goldhamster mit Laufrad durch ihre Aktivität weniger Fett ansetzen und demzufolge ein geringeres Körpergewicht aufweisen, stand im Mittelpunkt der morphologischen Untersuchung. Sowohl in der Studie von DESCHENES ET AL. (1995) als auch in der Untersuchung von HOLLOSZY (1992), in der Ratten unter Futterrestriktion im Laufrad liefen, wiesen die „trainierten“ Tiere immer ein geringeres Körpergewicht auf als die Kontrolltiere. So verhielt es sich auch in der eigenen Studie: Trotz der geringen Tierzahlen zeigte sich die Tendenz, dass die Goldhamster mit Laufrad leichter sind als die Schwesterntiere mit Attrappe. Mittels Ultrasonographie wurde überprüft, ob die Attrappengruppe auch tatsächlich ein dickeres inguinales Fettpolster aufweist und deshalb schwerer ist. CHANG ET AL. (1995) zeigten nämlich in ihrer Untersuchung an Ratten, dass bei Tieren mit Laufrad deren inguinale, epididymale und perirenale/retroperitoneale Fettdepots kleiner waren als diejenigen der Kontrollgruppe. Tendenziell konnten diese Ergebnisse auch in der eigenen Studie bestätigt werden, obwohl die Tierzahlen für signifikante Unterschiede wiederum zu gering waren. Goldhamster mit Laufrad wiesen eher grössere Quadricepsmuskeldicken auf, während die inguinalen Fettpolster eher kleiner blieben als diejenigen der Attrappengruppe. Die Ergebnisse der Fettpolsterdicke müssen insofern kritisch betrachtet werden, als dass sich das weiche Fettgewebe leicht durch den Druck des Ultraschallkopfes auf den Tierkörper verschieben bzw. zusammendrücken lässt. In Zukunft müsste bei ähnlicher Fragestellung die Messmethode noch besser standardisiert oder auf andere bildgebende Verfahren (Computertomographie, Magnetresonanztomographie etc.) ausgewichen werden.

Bei den Versuchstieren aus dem morphologischen Teil der Studie konnte explizit dargelegt werden, dass die Tiere mit Laufrad im Vergleich zu ihren Schwesterntieren mit Attrappe erst verspätet ihr volles Adultgewicht erreichen. Dies geht einher mit der hohen Laufradaktivität im jungadulten Stadium, die offensichtlich soviel Energie zu verbrauchen scheint, dass im gleichen Zeitraum nicht soviel Körpergewicht angesetzt werden kann wie bei den Schwesterntieren. Erst nachdem die Laufaktivität eher wieder rückläufig ist, steigt das Körpergewicht auch bei den Tieren mit Laufrad aufs Endadultgewicht an. Anders zeigt sich die Situation bei den Versuchstieren aus dem reproduktionsbiologischen Teil. Verglichen wurden die Körpergewichte beider Gruppen während der Trächtigkeiten und Laktationen. Bis zum 10. Trächtigkeitstag stieg das Körpergewicht jeweils nur sehr langsam, vom 10. bis zum 16. Trächtigkeitstag jedoch sprunghaft an. Dies stimmt mit den Beobachtungen von ORSINI (1961) überein, die berichtet, dass es erst vier bis fünf Tage nach der Kopulation zur Implantation der befruchteten Eizelle kommt, und bis zu jenem Zeitpunkt das Versuchstier somit kaum zunimmt. Tiere mit Laufrad wiesen während der Trächtigkeiten jeweils ein höheres Körpergewicht auf als die Schwesterntiere mit Attrappe, was auf die durchschnittlich grösseren Würfe dieser Gruppe zurückzuführen ist. Während der Laktationen war das Bild bezüglich der Körpergewichte der Versuchstiere diffus, was damit erklärt werden kann, dass sowohl grosse Würfe mit leichten Jungtieren als auch kleine Würfe mit schweren Jungtieren gleichermassen am Muttertier zehren. FLEMING (1978) berichtet, dass Goldhamsterweibchen in der Regel circa 20% des Körpergewichts während der Laktation verlieren, unabhängig von der Grösse des Wurfes. Übereinstimmend mit den eigenen Beobachtungen steigt auch in ihrer Studie das Körpergewicht der Versuchsweibchen während der ersten beiden Wochen nach Absetzen der Jungtiere mindestens auf den Ausgangswert von vor der Paarung an oder geht gar noch darüber hinaus.

Es gibt zahlreiche weitere Faktoren, die einen Einfluss auf die Ergebnisse der Körpergewichtsentwicklung haben können. Als erstes muss die Messmethodik angesprochen werden. Die Versuchstiere wurden je nach Wochentag von verschiedenen Personen zu unterschiedlichen Zeiten gewogen. Die Ablesbarkeit der Waage betrug 0,01 g (vgl. Kapitel 2.4.1), und solange sich die Tiere in der Waagschale bewegten, konnte kein exakter, sondern nur ein annähernder Wert abgelesen werden. Dieser Fehler bezog sich aber sowohl auf die Goldhamster der Attrappen- als auch der Laufradgruppe und hatte folglich keinen Einfluss auf die unterschiedlichen Endergebnisse beider Gruppen. SCHNEIDER ET AL. (1986) zufolge scheint das Körpergewicht bei Goldhamstern auch abhängig zu sein vom Sexualzyklus des Weibchens. Sie fanden ein signifikant höheres Gewicht während der Östrusphase, das nicht im

Zusammenhang mit vermehrter Futteraufnahme oder vermehrtem Sauerstoffverbrauch steht. MANOSEVITZ UND PRYOR (1975) schliesslich zeigten bei Mäusen einen Zusammenhang zwischen der Käfiggrösse und dem Körpergewicht auf, wobei Mäuse in grösseren Käfigen auch ein höheres Körpergewicht aufwiesen.

4.5 Nachzucht

Die Erwartung, dass in kleineren Würfen die Jungtiere ein aufs Einzeltier bezogenes, höheres Körpergewicht aufweisen, konnte bestätigt werden (vgl. Kapitel 3.4.4 [FLEMING 1978]). Trotzdem produzierten Weibchen mit grösseren Würfen gesamthaft über alle vier Wurfdurchgänge gesehen eine höhere Lebendbiomasse als Individuen mit kleineren Würfen. Interessanterweise war die Wurfgrösse bei den Tieren mit Laufrad durchschnittlich immer höher (vgl. Kapitel 3.5.1). GIRARD ET AL. (2002) stellten bei Mäusen von auf hohe Laufradaktivität selektierten Linien des Stammes Hsd:ICR hinsichtlich der Parameter mütterliches Verhalten, Reproduktionsleistung, Wurfgrösse und Wurfmasse im Vergleich zu nicht selektierten Linien des gleichen Stammes keine Unterschiede fest. Es stellt sich die Frage, ob sich bei Goldhamstern ähnliche Effekte nachweisen lassen oder ob sich Laufrad-aktive Tiere in einer besseren körperlichen Verfassung befinden als ihre Schwesterntiere mit Attrappe und sie deshalb grössere Würfe zur Welt bringen. Gleichzeitig zur Wurfgrösse muss aber auch darauf hingewiesen werden, dass die Jungtierverluste in der Laufradgruppe fast doppelt so hoch ausfielen wie in der Attrappengruppe. Die Versuchstiere mit Attrappe zeigten eher die Tendenz, entweder alle zur Welt gebrachten Jungtiere aufzufressen oder aber aufzuziehen, während bei den Versuchstieren mit Laufrad meistens ein bis zwei Jungtiere pro Wurf nicht überlebten.

Die Hauptursache für Jungtierverluste liegt im Kannibalismus begründet. Kannibalismus ist ein Überbegriff für das Verhalten eines Tieres, ein speziesgleiches Tier an- bzw. aufzufressen. Unterschieden wird dabei noch zwischen Kronismus (Elterntier frisst Jungtier) und Kainismus (Geschwistertiere fressen sich gegenseitig [WIESNER UND RIBBECK 1991]). Im allgemeinen wird Kannibalismus als abnormales Verhalten eingestuft, das aufgrund verschiedenster Ursachen auftreten kann wie z.B. Störung der Muttertiere durch den Züchter, überdurchschnittlich grosse Würfe, Unreife der Muttertiere, Krankheiten bei den Jungtieren, Hyperemotionalität der Muttertiere etc. DAY UND GALEF JR. (1977) fanden heraus, dass mehr als 75% aller Goldhamsterweibchen, die unter verschiedensten Bedingungen gehalten wurden, einen Teil ihrer Jungtiere wenige Tage nach der Geburt auffressen. Ihrer Meinung nach ist der Kannibalismus keine Verhaltensstörung, sondern ein organisierter, adaptiver Teil des

normalen Mutterverhaltens bei Goldhamstern. Da die Wurfgrösse im eigenen Versuch erst zehn Tage nach der Geburt bestimmt wurde, muss nach den Aussagen von DAY UND GALEF JR. (1977) davon ausgegangen werden, dass die Würfe im allgemeinen unmittelbar nach der Geburt grösser gewesen sein müssen als effektiv registriert wurde. Die zehn Tage Ruhezeit wurde den Tieren gewährt, um Fremdgerüche, Lärm und Störungen aller Art möglichst gering und somit auch die Jungtierverluste niedrig zu halten (KUHNEN 2002). DAY UND GALEF JR. (1977) zeigten in ihrer Untersuchung jedoch auf, dass tägliches Handling keine Erhöhung des Kannibalismus zur Folge hatte. Auch das Alter des Muttertiers scheint keine Rolle zu spielen. Jüngere Muttertiere frassen nicht mehr Jungtiere auf als ältere. Bei grossen Würfen hingegen scheint erhöhter Kannibalismus die Regel zu sein (DAY UND GALEF JR. 1977, FLEMING 1978). In den Untersuchungen von FLEMING (1978) frassen gar 100% der Versuchsweibchen innerhalb der ersten fünf Tage nach der Geburt Jungtiere auf. Nach besagtem fünften Lebenstag wurde jedoch nur noch selten Kannibalismus beobachtet. Das Körpergewicht der Muttertiere spielt nach den Aussagen von FLEMING (1978) ebenfalls eine Rolle: Schwerere Mütter frassen einerseits weniger Jungtiere und zogen andererseits grössere Würfe auf. Die Neigung, einen Teil des Wurfes aufzufressen, scheint auch ein Ausgleich des Energiedefizits zu sein, das während der Trächtigkeit und der Laktation entsteht.

Eigenen Beobachtungen zufolge zeigte sich beim Kronismus eher die Tendenz, dass die Jungtiere „mitsamt Haut und Haaren“ aufgefressen wurden, während beim Kainismus häufig eine Ansatzstelle infolge einer Verletzung bestand, an der die Geschwistertiere wiederholt knabberten (vgl. Abbildung 11). Es entstand eine Art Teufelskreis, in dem sowohl die Verletzung immer gravierender als auch der Drang der anderen, daran zu knabbern, immer grösser wurde, bis den verletzten Jungtieren zuletzt ganze Körperteile abgenommen oder die Bauchhöhle evisceriert wurde. Kainismus trat häufig erst im Alter von drei bis vier Wochen auf - also deutlich später als Kronismus. Der Grund liegt darin, dass die Jungtiere zu jenem Zeitpunkt genügend weit entwickelt waren, um selbständig das Laufrad zu betätigen und im ganzen Käfig herumzuklettern. Gerade im Zusammenhang mit der Laufradaktivität kam es mehrmals vor, dass Jungtiere, die im Begriff waren, aussen auf dem Rad herumzuklettern, durch das plötzliche Drehen des Rades zwischen Halterung und Rad eingeklemmt wurden. Teilweise konnten sich die Jungtiere selbst wieder befreien oder es kam nur zu leichten Verletzungen wie Schürfwunden. Leider gab es aber auch Fälle, in denen die Jungtiere eingeklemmt verendeten. Folglich sollten Laufräder arretiert werden, solange sich Jungtiere im Käfig befinden oder das Laufrad sollte so konstruiert werden, dass für Jungtiere beim Herumklettern keine Gefahr besteht.

Nebst dem vermehrten Kainismus und dem Laufrad als Gefahrenquelle gibt es noch weitere Gründe, warum die Jungtierverluste bei den Tieren mit Laufrad grösser waren. Die Laufradgruppe wies durchschnittlich grössere Würfe auf. Bei mehr Jungtieren ist die Rivalität innerhalb des Wurfes grösser (vgl. Abbildung 12), die sich schon von Beginn der Laktationszeit an im Streit um die freien Zitzen zum Saugen zeigt. Jungtiere, die ständig am Saugen gehindert werden, bleiben in ihrer Entwicklung zurück, kümmern und sind anfälliger für Krankheiten. Die Chance, dass diese Tiere vorzeitig verenden, ist deshalb hoch. Den Muttertieren muss zudem während der Laktation eine grössere Menge an gehaltvollem Futter angeboten werden, damit die Milchsynthese überhaupt genügend hoch sein kann, um die Jungtiere zu ernähren (FLEMING 1978).

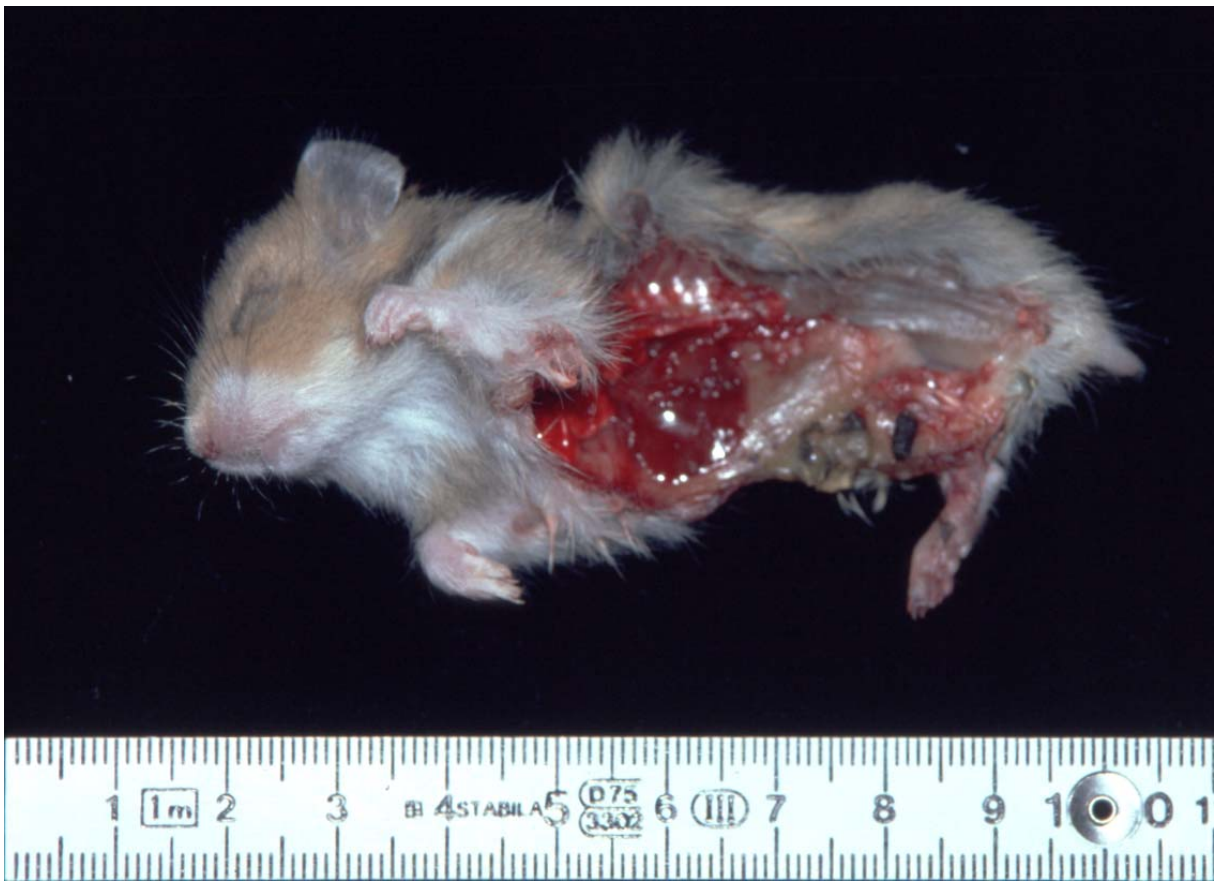


Abb. 11: Jungtier mit von Artgenossen eröffneter Leibeshöhle und Anzeichen von Kannibalismus.

Abb. 12: Jungtiere im Futternapf.

4.6 Abschliessende Bemerkungen zum Angebot eines Laufrads

Aufgrund der Teilergebnisse der durchgeführten Studie kann nicht davon ausgegangen werden, dass das Angebot eines Laufrads für einen Goldhamster schädlich ist. Vorausgesetzt wird jedoch, dass das Laufrad einen tierartgerechten Durchmesser aufweist, um ständige Lordosestellungen und somit Fehlbelastungen der Wirbelsäule zu vermeiden. Weiter muss das Material der Lauffläche berücksichtigt werden. Das in der Studie benutzte Lochblech wurde von allen Versuchstieren gerne angenommen und scheint ideal, da es einerseits während der gesamten Studiendauer keine Pfoten- oder Ballenverletzungen verursacht hatte (MROSOVSKY ET AL. 1998) und andererseits leicht gereinigt werden kann.

Ist das Laufrad also tiergerecht und „benutzerfreundlich" konstruiert, so bietet es eine gute Möglichkeit zur Befriedigung des bestehenden Bewegungsdranges. Es soll den Heimtierbesitzer aber auf gar keinen Fall dazu verleiten, seinem Goldhamster weitere Elemente zur Käfiganreicherung vorzuenthalten. Bewegung heisst nicht einfach nur rennen, sondern auch klettern, graben, erkunden etc. Der Phantasie des Goldhamsterbesitzers werden bei der Käfigeinrichtung keine Grenzen gesetzt!

Das dem Laufrad oft nachgesagte Suchtpotential konnte in der Studie nicht bestätigt werden. Die Versuchstiere sind nicht um jeden Preis im Laufrad gelaufen, sondern zeigten einen angepassten Umgang in der Nutzung. Trotzdem muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass exzessiver Laufradgebrauch wohl bei einzelnen, als Heimtiere gehaltenen Individuen auftreten kann. Dies vor allem dann, wenn die Haltungsbedingungen für den Goldhamster nicht ideal sind. Dem kann abgeholfen werden, indem einerseits die Haltungsbedingungen optimiert werden und andererseits das Laufrad nur teilzeitlich angeboten wird. Die Tatsache, dass der Goldhamster nachtaktiv und die Laufradaktivität im ersten Drittel der Dunkelperiode am höchsten ist, kann dabei sehr gut ausgenutzt werden. Am besten wird das Laufrad den Extremrennern abends beim Eindunkeln in den Käfig gestellt und später vor dem Zu-Bett-gehen wieder entfernt. Diese Methode stellt einen guten Kompromiss dar und ermöglicht es dem Goldhamster, das Laufrad während seiner natürlicherweise aktivsten Zeit zu nutzen, ohne dabei Schaden zu nehmen, und für den Besitzer ergibt sich aus diese Methode kein grosser zusätzlicher Aufwand.

Das Laufrad hatte verschiedene positive Einflüsse auf die Versuchstiere der Studie. Verglichen mit der Attrappengruppe war die Laufradgruppe des morphologischen Teils der Studie tendenziell weniger adipös. Gerade im jungadulten Stadium, in dem die Goldhamster sehr

aktiv sind, wurde in der Laufradgruppe des reproduktionsbiologischen Teils der Studie deutlich weniger am Gitter genagt als in der Attrappengruppe. Die mittlere Wurfgrösse war über alle vier Wurfdurchgänge in der Laufradgruppe ebenfalls höher, was auf eine bessere körperliche Verfassung hindeutet. Und bis zum Ende der Datenaufnahme schliesslich überlebte eine grössere Anzahl von Versuchstieren mit Laufrad.

Andererseits können sich aus dem Laufradangebot auch schädliche Einflüsse ergeben. Einzelne Jungtiere haben sich beim Klettern auf dem Laufrad verletzt, teilweise mit tödlichem Ausgang. Infolgedessen muss angeraten werden, ein Laufrad während einer Jungenaufzucht aus dem Käfig zu entfernen oder zumindest zu arretieren. Zudem sollte auf die sichere Befestigung des Laufrads Wert gelegt werden, sodass Jungtiere weder eingeklemmt noch erschlagen werden können. In der Regel kann jedoch davon ausgegangen werden, dass der grösste Teil der Goldhamsterbesitzer seine Tiere nicht zum Züchten verwendet, und für einen einzeln gehaltenen Goldhamster somit ein Laufrad unter den in diesem Kapitel erwähnten Gesichtspunkten empfohlen werden kann.

5 Zusammenfassung

Das Laufrad polarisiert: Kritiker betrachten das Laufen im Laufrad als stereotypes Verhalten infolge unzureichender Haltungsbedingungen. Befürworter hingegen sehen im Laufrad eine Möglichkeit, mit der Tiere in menschlicher Obhut ihr natürlich vorhandenes Bewegungsbedürfnis befriedigen können. In der Wissenschaft wird das Laufrad seit langem zur Messung von lokomotorischer Aktivität eingesetzt. Welchen Einfluss hat aber die Laufradnutzung auf Goldhamster, die unter Heimtierbedingungen gehalten werden?

Zehn Goldhamsterweibchen wurde je ein Laufrad mit einem Durchmesser von 30 cm angeboten, zehn Schwesterntiere wurden in die Kontrollgruppe eingeteilt und erhielten eine baugleiche, aber funktionsuntüchtige Laufradattrappe.

Anhand von Videoaufnahmen wurden die Verhaltensmuster beider Gruppen miteinander verglichen. Es konnte aufgezeigt werden, dass die Laufradgruppe deutlich weniger Verhaltensanomalien wie etwa Gitternagen zeigte. Bei beiden Gruppen bestand eindeutig ein Bewegungsbedürfnis, das unterschiedlich ausgelebt wurde. Während die eine Gruppe das Laufrad nutzte, zeigte die andere Gruppe vermehrt Aktivitäten wie Klettern, Graben und freie Lokomotion im Käfig.

Die Laufradaktivität wurde circadian computergestützt registriert. Das Laufrad wurde im jungadulten Stadium besonders stark genutzt, wobei maximale Laufraddistanzen von 6 bis 18,6 km pro Dunkelperiode (Goldhamster sind nachtaktiv) zurückgelegt wurden. Mit fortschreitendem Alter ging die Laufradaktivität stark zurück. Jeweils zu Beginn einer Laktation erfüllten die Goldhamsterweibchen ihre Mutterpflichten, und das Laufrad wurde zu jenem Zeitpunkt wenig bis gar nicht genutzt. Das oft zitierte Suchtpotential des Laufrades konnte nicht nachgewiesen werden. Die Goldhamster zeigten über die ganze Datenaufnahme eine bedarfsangepasste Nutzung des Laufrades und erfüllten die Kriterien für eine Abhängigkeit nicht. Es kam zu keiner zwanghaften Befriedigung eines Bedürfnisses in jeder Lebenslage, wie es für eine Abhängigkeit postuliert wird, sondern zu einem „vernünftigen“ Umgang mit dem Laufrad.

Alle Goldhamsterweibchen wurden in regelmässigen Abständen verpaart, insgesamt viermal während der Datenaufnahme. Mit zunehmendem Alter der Versuchstiere nahm die Anzahl geborener Jungtiere zwar im allgemeinen ab, jedoch wies die Laufradgruppe durchschnittlich immer höhere Wurfgrössen auf. Dies wird auf die bessere körperliche Verfassung der Muttertiere infolge der Laufradnutzung zurückgeführt. Mit höheren Wurfgrössen gingen aber

auch höhere Jungtierverluste einher. Dies erklärt sich einerseits aus den grösseren Würfen (erhöhte Rivalität innerhalb des Wurfes und häufiger Kümmerer im Wurf), andererseits fungierte das Laufrad als Gefahrenquelle. Einige Jungtiere kletterten auf dem Laufrad und wurden dabei eingeklemmt oder verletzt, teilweise mit tödlichen Folgen. In der Attrappengruppe wurde eher Kronismus kurz nach der Geburt, in der Laufradgruppe eher Kainismus in einem späteren Stadium der Aufzucht beobachtet. Erwartungsgemäss wiesen Jungtiere aus kleineren Würfen ein höheres Körpergewicht auf als gleichaltrige Jungtiere aus grösseren Würfen.

In einem Nebenversuch wurden zehn Goldhamsterweibchen unter gleichen Bedingungen gehalten, ohne verpaart zu werden. Trächtigkeiten und Laktationen hatten somit keinen Einfluss auf das Körpergewicht. Die Laufradgruppe erreichte ihr Endadultgewicht später, da während der Jungadultphase ein grosser Teil der Energie durch Laufradaktivität verbraucht wurde. Zudem konnte mit Hilfe ultrasonographischer Verlaufsuntersuchungen nachgewiesen werden, dass die Laufradgruppe grössere Quadricepsmuskeldicken aufwies, während bei der Attrappengruppe die inguinalen Fettpolster dicker ausfielen.

Unter dem Vorbehalt, dass das Laufrad durch seine Bauart in keiner Weise eine Gefahrenquelle darstellt, in seinem Durchmesser nicht zu klein ausfällt und unter Berücksichtigung der positiven, zuvor genannten Einflüsse des Laufrades – geringere Fettleibigkeit der Versuchstiere, abnehmendes Gitternagen, höhere Wurfgrössen – kann ein Laufrad für die Heimtierhaltung eines Goldhamsters tendenziell empfohlen werden.

6 Literaturverzeichnis

Arnold, C. und Gillaspy, S. (1994):
Assessing Laboratory Life For Golden Hamsters: Social Preference, Caging Selection, and Human Interaction.
Lab. Anim. **23**, 34-37.

Arnold, C. und Westbrook, R.D. (1997):
Enrichment in Group-Housed Laboratory Golden Hamsters.
AWIC Newsletter, Winter 1997/98, Vol. 8, No. 3-4, 22-24.

Brant, D.H. und Kavanau, J.L. (1964):
'Unrewarded' Exploration and Learning of Complex Mazes by Wild and Domestic Mice.
Nature **204**, 267-269.

Brant, D.H. und Kavanau, J.L. (1965):
Exploration and Movement Patterns of the Canyon Mouse *Peromyscus crinitus* in an Extensive Laboratory Enclosure.
Ecology **46**(4), 452-461.

Bronikowski, A.M., Carter, P.A., Swallow, J.G., Girard, I.A., Rhodes, J.S. und Garland Jr., T. (2001):
Open-field Behavior of House Mice Selectively Bred for High Voluntary Wheel-Running.
Behav. Genet. **31**(3) ,309-316.

Chang, L.T., Kras, K., Suzuki, K., Strasburg, G., Rodgers, C.D. und Schemmel, R.A. (1995):
Voluntary running in male S5B/P1Ras rats fed high fat or high carbohydrate diets.
Physiol. Behav. **57**(3), 501-508.

Chaouloff, F. (1989):
Physical exercise and brain monoamines: a review.
Acta Physiol. Scand. **137**(1), 1-13.

Cotman, C.W. und Engesser-Cesar, C. (2002):
Exercise enhances and protects brain function.
Exerc. Sport. Sci. Rev. **30**(2), 75-79.

Day, C.S.D. und Galef Jr., B.G. (1977):
Pup Cannibalism: One Aspect of Maternal Behavior in Golden Hamsters.
J. Comp. Physiol. Psychol. **91**(5), 1179-1189.

Deschenes, M.R., Kraemer, W.J., Crivello, J.F., Maresh, C.M., Armstrong, L.E. und Covault, J. (1995):
The Effects of Different Treadmill Running Programs on the Muscle Morphology of Adult Rats.
Int. J. Sports Med. **16**, 273-277.

Diamond, M. und Mast, M. (1978):
Crowding, Reproduction, and Maternal Behavior in the Golden Hamster.
Behav. Biol. **23**, 477-486.

Dieterlen, F. (1959):
Das Verhalten des syrischen Goldhamsters (*Mesocricetus auratus* Waterhouse).
Z. f. Tierpsychol. **16**, 47-103.

Dishman, R.K. (1997):
Brain monoamines, exercise, and behavioral stress: animal models.
Med. Sci. Sports. Exerc. **29**(1), 63-74.

Dorsch, F., Bergius, R. und Ries, H. [Hrsg.] (1982):
Psychologisches Wörterbuch.
Verlag Hans Huber Bern.

Eikelboom, R. (1999):
Human parallel to voluntary wheel running: exercise.
Anim. Behav. **57**, F11-F12.

Fleming, A.S. (1978):
Food Intake and Body Weight Regulation during the Reproductive Cycle of the Golden Hamster (*Mesocricetus auratus*).
Behav. Biol. **24**, 291-306.

Floody, O.R. und Pfaff, D.W. (1977):
Communication Among Hamsters by High-Frequency Acoustic Signals:
I. Physical Characteristics of Hamster Calls.
J. Comp. Physiol. Psychol. **91**(4), 794-806.

Floody, O.R., Pfaff, D.W. und Lewis C.D. (1977):
Communication Among Hamsters by High-Frequency Acoustic Signals:
II. Determinants of Calling by Females and Males.
J. Comp. Physiol. Psychol. **91**(4), 807-819.

Fritzsche, P. (1987):
Zur Infradianrhythmik (Circaquadrianrhythmik) des Goldhamsters (*Mesocricetus auratus* WATERHOUSE 1839).
Zool. Jb. Physiol. **91**, 403-418.

Fritzsche, P., Riek, M. und Gattermann, R. (2000):
Effects of social stress on behavior and corpus luteum in female golden hamsters (*Mesocricetus auratus*).
Physiol. Behav. **68**, 625-630.

Gattermann, R. (1980):
Vergleichende Untersuchungen zur Zirkadianrhythmik von drei Laboratoriumsnagern.
Wissenschaftl. Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Math.-Nat. R. XXIX 4.

Gattermann, R. (1983):
Die zirkadiane Verteilung der Geburten beim Goldhamster.
Z. Versuchstierk. **25**, 293-295.

Gattermann, R. (1984):
Zur Biorhythmik des Goldhamsters (*Mesocricetus auratus* WATERHOUSE 1839).
I. Zirkadiane Rhythmen.
Zool. Jb. Physiol. **88**, 471-489.

Gatterman, R. (1996):
Interindividuelle Zyklusdesynchronisation bei Goldhamsterweibchen, *Mesocricetus auraus*.
Z. Säugetierk. **61**, 54-58.

Gatterman, R., Fritzsche, P. und Kramer, S. (1985):
Zur Biorhythmik des Goldhamsters (*Mesocricetus auratus* WATERHOUSE 1839).
III: Infradiane Rhythmen.
Zool. Jb. Physiol. **89**, 265-278.

Gattermann, R., Fritzsche, P., Neumann, K., Al-Hussein, I., Kayser, A., Abiad, M. und Yakti, R. (2001):
Notes on the current distribution and the ecology of wild golden hamsters (*Mesocricetus auratus*).
J. Zool. **254**, 359-365.

Girard, I., Swallow, J.G., Carter, P.A., Koteja, P., Rhodes, J.S. und Garland Jr., T. (2002):
Maternal-care behavior and life-history traits in house mice (*Mus domesticus*) artificially selected for high voluntary wheel-running activity.
Behav. Proc. **57**, 37-50.

Goldspink, G. und Ward, P.S. (1979):
Changes in Rodent Muscle Fibre Types during Post-Natal Growth, Undernutrition and Exercise.
J. Physiol. **296**, 453-469.

Golombek, D.A., Ortega, G. und Cardinali, D.P. (1993):
Wheel Running Raises Body Temperature and Changes the Daily Cycle in Golden Hamsters.
Physiol. Behav. **53**, 1049-1054.

Goodrick, C.L. (1980):
Effects of long-term voluntary wheel exercise on male and female Wistar rats.
I. Longevity, body weight, and metabolic rate.
Geront. **26**(1), 22-33.

Harkness, J.E. und Wagner, J.E. (1995):
The Biology and Medicine of Rabbits and Rodents.
Verlag Williams & Wilkins Baltimore.

Hollmann, P. (1993):
Verhaltensgerechte Unterbringung von Kleinnagern.
Tierärztl. Umschau **48**, 123-134.

Hollmann, P. und Skogstad, K. (1998):
Der Hamster - Mein Heimtier: Artgerecht halten, gesund ernähren, richtig verstehen.
Verlag Gräfe und Unzer München.

Holloszy, J.O. (1992):
Exercise and Food Restriction in Rats.
J. Nutr. **122**, 774-777.

Köhler, D. (1989):
Grundprinzipien der Versuchstierzucht. In: Heinecke, H. [Hrsg.]: Angewandte Versuchstierkunde.
Gustav Fischer Verlag Jena; 26-65.

Koteja, P., Swallow, J.G., Carter, P.A. und Garland Jr., T. (1999):
Energy Cost of Wheel Running in House Mice: Implications for Coadaptation of Locomotion and Energy Budgets.
Physiol. Biochem. Zool. **72**(2), 238-249.

Kuhnen, G. (2002):
Comfortable Quarters for Hamsters in Research Institutions. In: Reinhardt, V. und Reinhardt, A. [Hrsg.]: Comfortable Quarters for Laboratory Animals.
Animal Welfare Institute Washington; 33-37.

Lerch-Leemann, C. und Griffin, A. (1997):
Hamster (Goldhamster und Zwerghamster) - Ein Leitfaden für die tiergerechte Haltung.
Merkbl. d. Schweizer Tierschutz (STS), Basel, Polykopie (1997 undatiert herausgegeben).

Lisk, R.D., Ciaccio, L.A. und Catanzaro, C. (1983):
Mating Behaviour of the Golden Hamster under Seminatural Conditions.
Anim. Behav. **31**, 659-666.

Manosevitz, M. und Pryor, J.B. (1975):
Cage Size as a Factor in Environmental Enrichment.
J. Comp. Physiol. Psychol. **89**(6), 648-654.

Mason, G.J. (1991):
Stereotypies: a critical review.
Anim. Behav. **41**, 1015-1037.

Mather, J.G. (1981):
Wheel-running activity: a new interpretation.
Mammal Rev. **11**(1), 41-51.

Mc Intyre, J.W.R. (1971):
An Introduction to General Anaesthesia of Experimental Animals.
Lab. Anim. **5**, 99-114.

Morin, L.P. (1978):
Rhythmicity of Hamster Gnawing: Ease of Measurement and Similarity to Running Activity.
Physiol. Behav. **21**, 317-320.

Mrosovsky, N., Salmon, P.A. und Vrang, N. (1998)
Revolutionary Science: an Improved Running Wheel for Hamsters.
Chronobiol. Int. **15**(2), 147-158.

Orsini, M. W. (1961):
The external vaginal phenomena characterizing the stages of the estrous cycle, pregnancy, pseudopregnancy, lactation, and the anestrous hamster, *Mesocricetus auratus* Waterhouse.
Proc. Anim. Care Panel **11**(4), 193-206.

Raglin, J.S. (1990):
Exercise and mental health. Beneficial and detrimental effects.
Sports Med. **9**(6), 323-329.

Richards, M.P.M. (1966):
Activity Measured by Running Wheels and Observation during the Oestrous Cycle, Pregnancy and Pseudopregnancy in the Golden Hamster.
Anim. Behav. **14**, 450-458.

Schmitz, S. (1992):
Kleintiere.
BLV Verlagsgesellschaft München.

Schneider, J.E., Palmer, L.A. und Wade, G.N. (1986):
Effects of Estrous Cycles and Ovarian Steroids on Body Weight and Energy Expenditure in Syrian Hamsters.
Physiol. Behav. **38**, 119-126.

Sedgwick, C.J., Erhardt, W., Korbel, R. und Lendl, C. (1992):
Anästhesie bei Reptilien, Vögeln, Primaten, Kaninchen und kleinen Nagern. In: Paddleford, R.R. und Erhardt, W. [Hrsg.]: Anästhesie bei Kleintieren.
Schattauer Verlag Stuttgart; 374-384.

Sherwin, C.M. (1998):
Voluntary wheel running: a review and novel interpretation.
Anim. Behav. **56**, 11-27.

Stewart, C.C. (1898):
Variations in daily activity produced by alcohol and by changes in barometric pressure and diet with a description of recording methods.
Am. J. Physiol. **1**, 40-56.

Stricker, S. (1999):
Ein Beitrag zur tiergerechten Haltung des Hamsters anhand der Literatur.
Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

Suwa, M., Nakano, H., Higaki, Y., Nakamura, T., Katsuta, S. und Kumagai, S. (2003):
Increased wheel-running activity in the genetically skeletal muscle fast-twich fiber dominant rats.
J. Appl. Physiol. **94**, 185-192.

Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz [Hrsg.] (2001):
Hamster.
Eigenverlag.

Tomljenovic Borer, K. (1974):
Absence of Weight Regulation in Exercising Hamsters.
Physiol. Behav. **12**, 589-597.

Verhoef-Verhallen, E. (ohne Jahr):
Kaninchen- und Nagetiere-Enzyklopädie.
Naumann & Göbel Verlagsgesellschaft Köln.

Viswanathan, N. und Davis, F.C. (1992):
Timing of Birth in Syrian Hamsters.
Biol. Reprod. **47**(1), 6-10.

Waiblinger, E. (1999):
Do the Presence of Nesting Material and the Location of the Food Presentation have an Effect on the Development of Bar-Chewing in Laboratory Gerbils?
In: Aktuelle Arbeiten zur artgemässen Tierhaltung, 1999; KTBL-Schrift 391, 178-186.

Weinert, D., Fritzsche, P. und Gattermann, R. (2001):
Activity Rhythms of Wild and Laboratory Golden Hamsters (*Mesocricetus auratus*) under Entrained and Free-Running Conditions.
Chronobiol. Int. **18**(6), 921-932.

West, C.D. (1997):
Hamster. In: Beynon, P.H. und Cooper, J.E. [Hrsg.]: Kompendium der Heimtiere.
Haltung – Diagnostik – Therapie.
Schlütersche Verlag Hannover; 45-55.

Wiesner, E. und Ribbeck, R. [Hrsg.] (1991):
Wörterbuch der Veterinärmedizin.
Gustav Fischer Verlag Jena.

Würbel, H. und Stauffacher, M. (1997):
Age and weight at weaning affect corticosterone level and subsequent development in ICR mice.
Anim. Behav. **53**, 891-900.

Würbel, H., Chapman, R. und Rutland, C. (1998):
Effect of feed environmental enrichment on development of stereotypic wire-gnawing in laboratory mice.
Appl. Anim. Behav. Sc. **60**, 69-81.

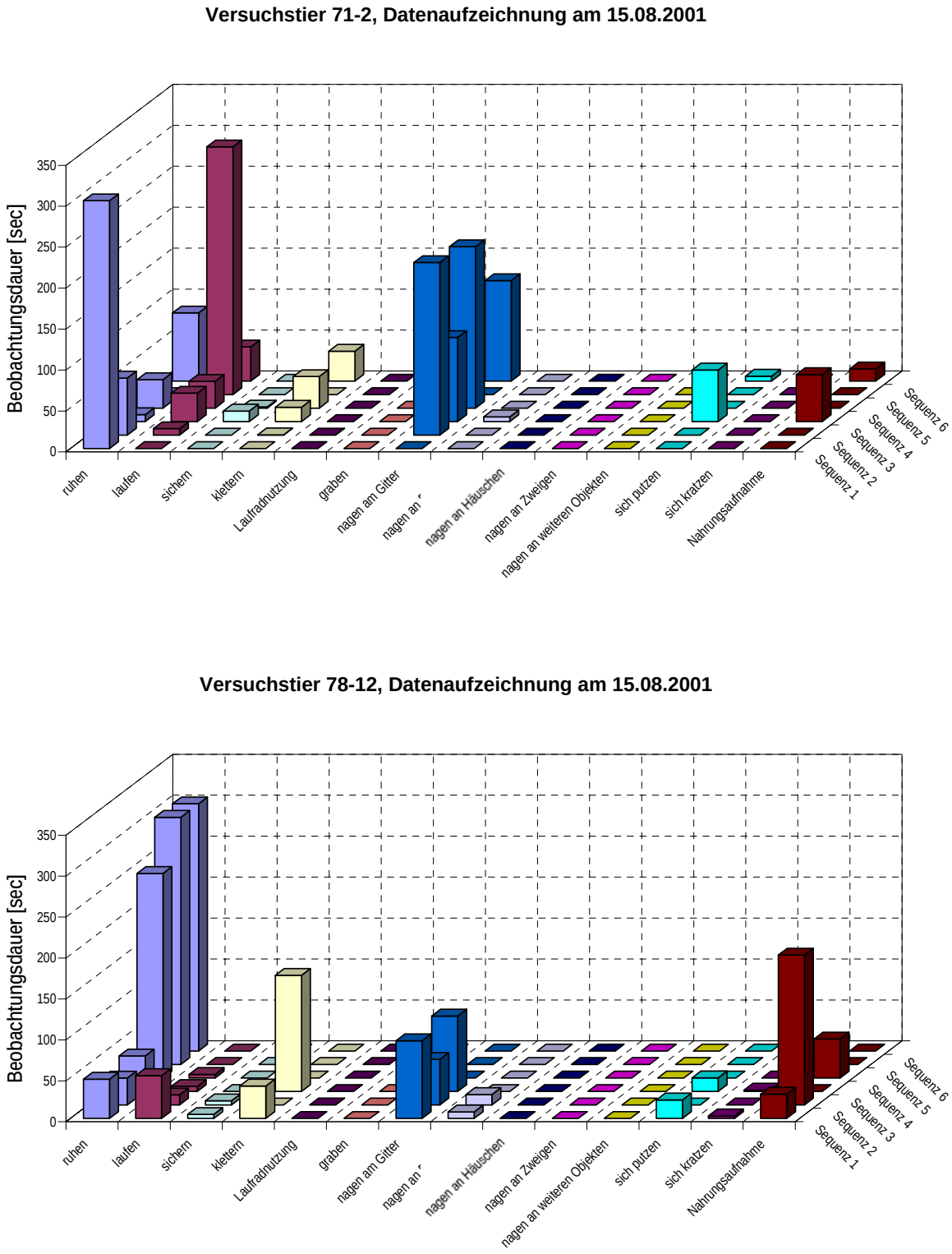
7 Anhang

7.1 Hygienestatus.....97
7.2 Ethologische Datenerhebung.....98
7.2.1 Verhaltensbeobachtungen um den 50. Lebenstag.....98
7.2.2 Verhaltensbeobachtungen um den 90. Lebenstag.....108
7.2.3 Verhaltensbeobachtungen nach dem zweiten Wurf.....118
7.2.4 Verhaltensbeobachtungen nach dem dritten Wurf.....123
7.3 Laufradaktivität.....126
7.4 Bezug zwischen Körpergewichtsentwicklung und Laufradleistung.....135
7.5 Körpergewichtsentwicklung (reproduktionsbiologischer Teil).....138

7.1 Hygienestatus

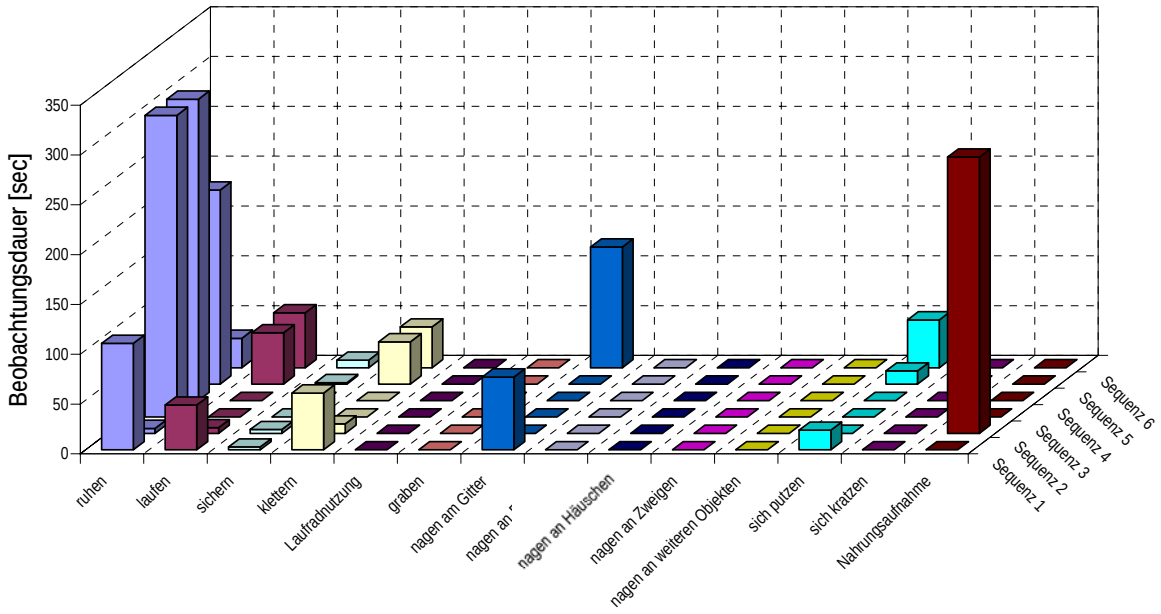
7.2 Ethologische Datenerhebung

7.2.1 Verhaltensbeobachtungen um den 50. Lebenstag

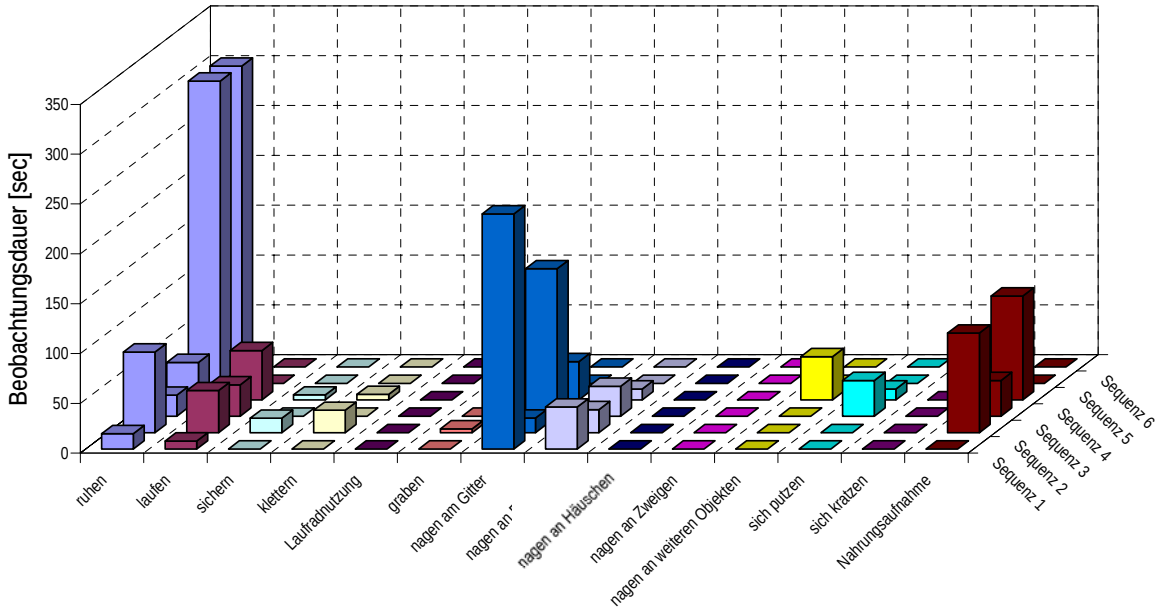


Grafik 43: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 71-2 und 78-12 am 48. Lebenstag.

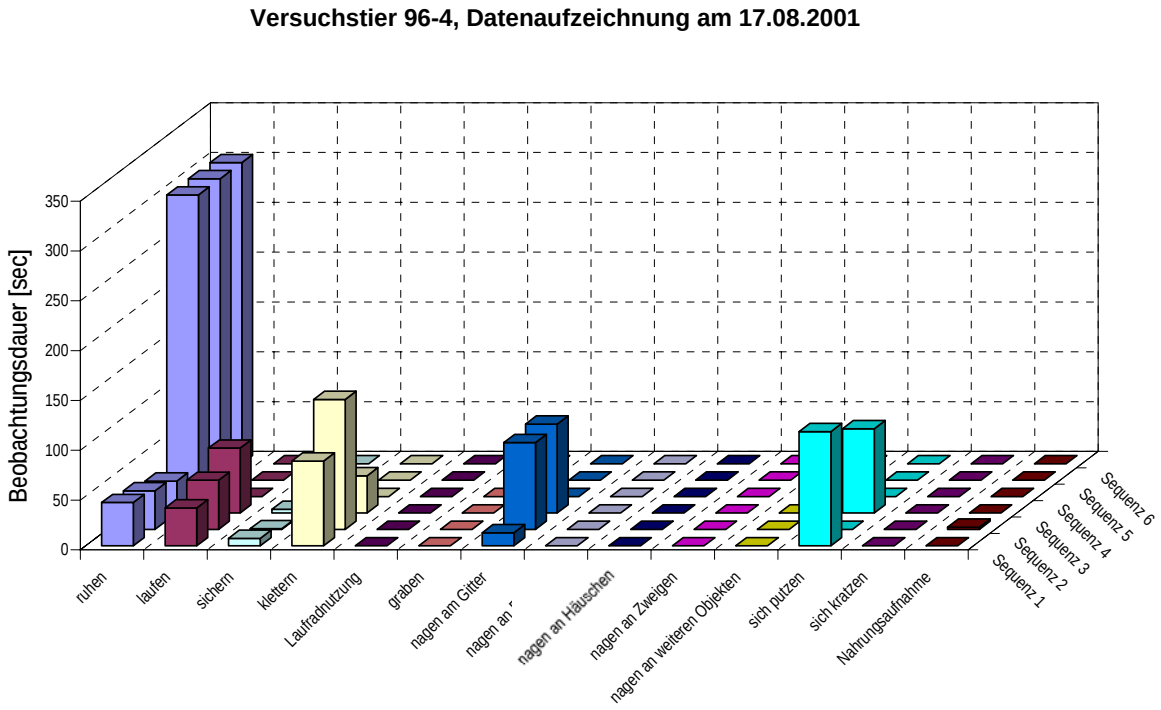
Versuchstier 86-3, Datenaufzeichnung am 16.08.2001

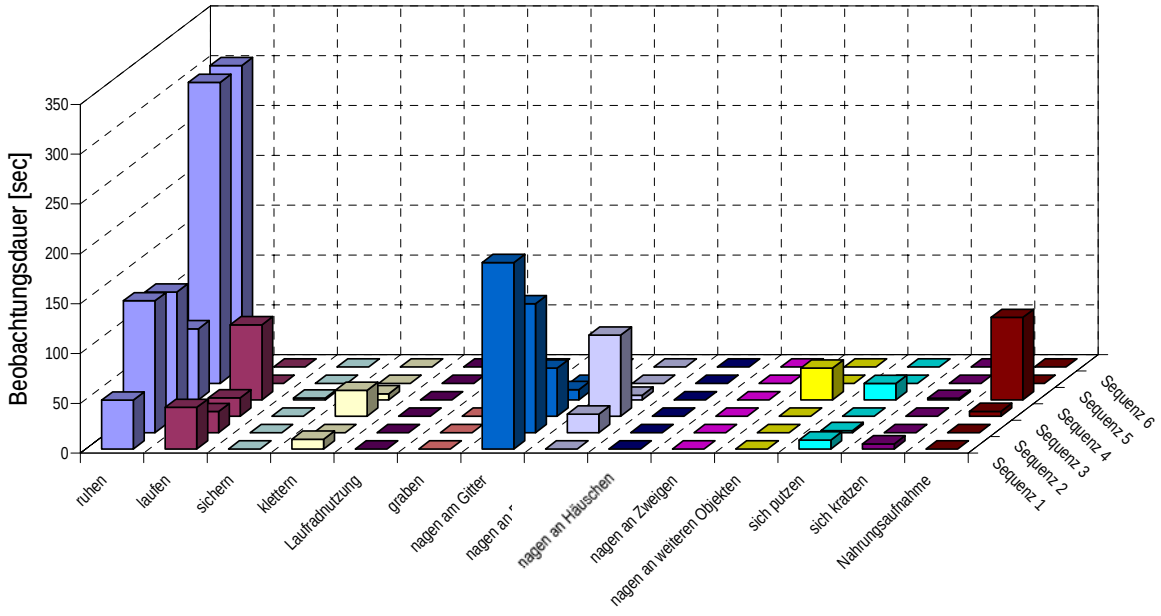


Versuchstier 84-13, Datenaufzeichnung am 16.08.2001



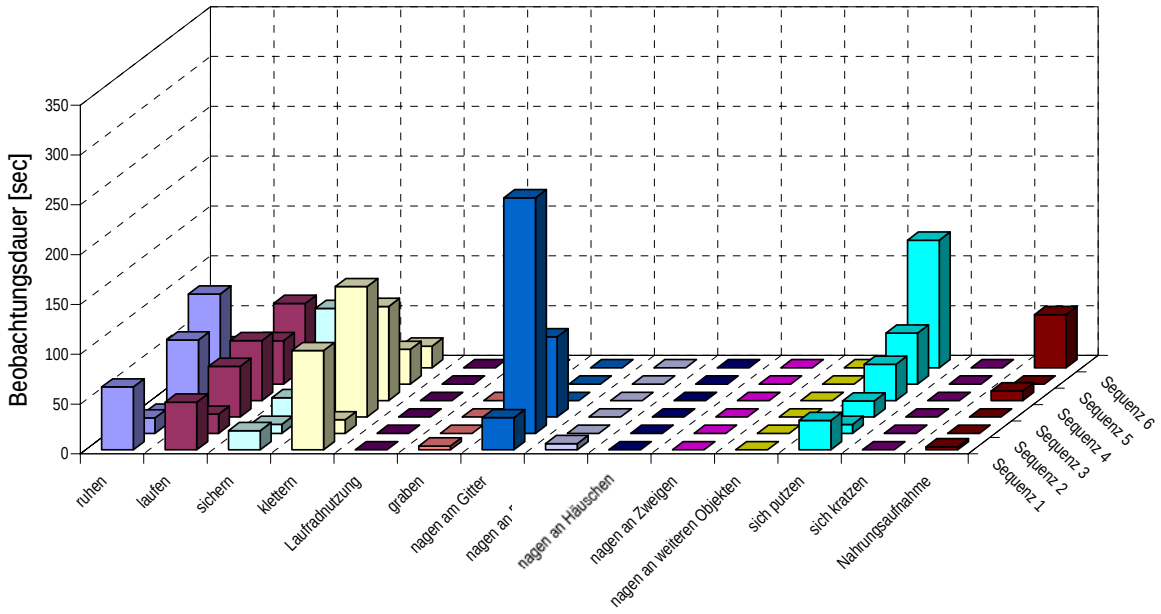
Grafik 44: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 86-3 und 84-13 am 49. Lebenstag.



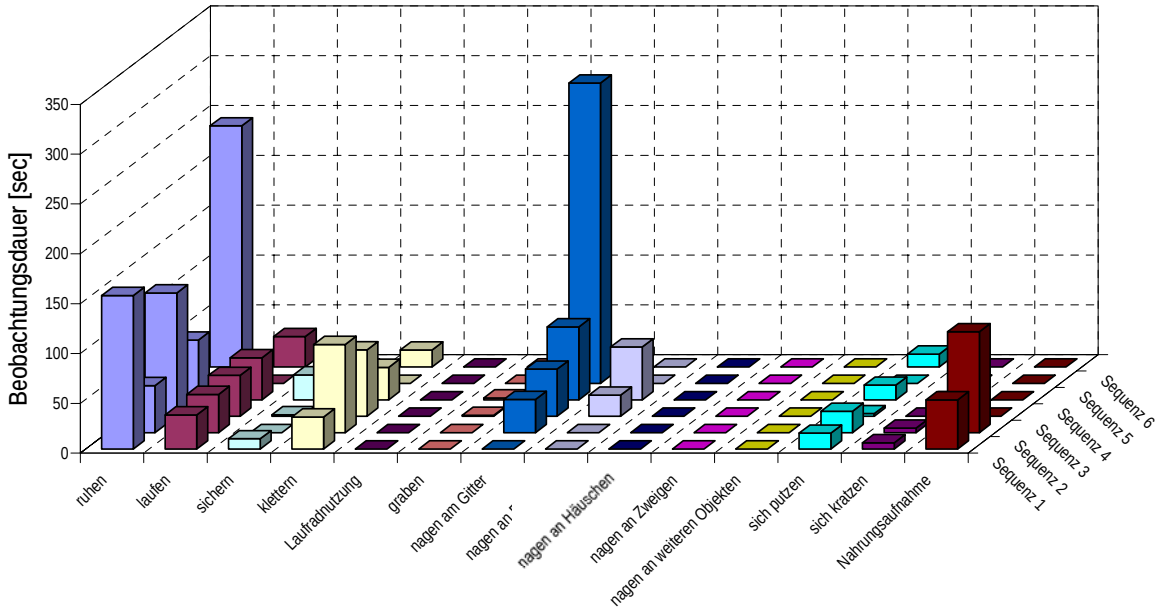


Grafik 45: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 96-4 und 95-14 am 49. Lebenstag.

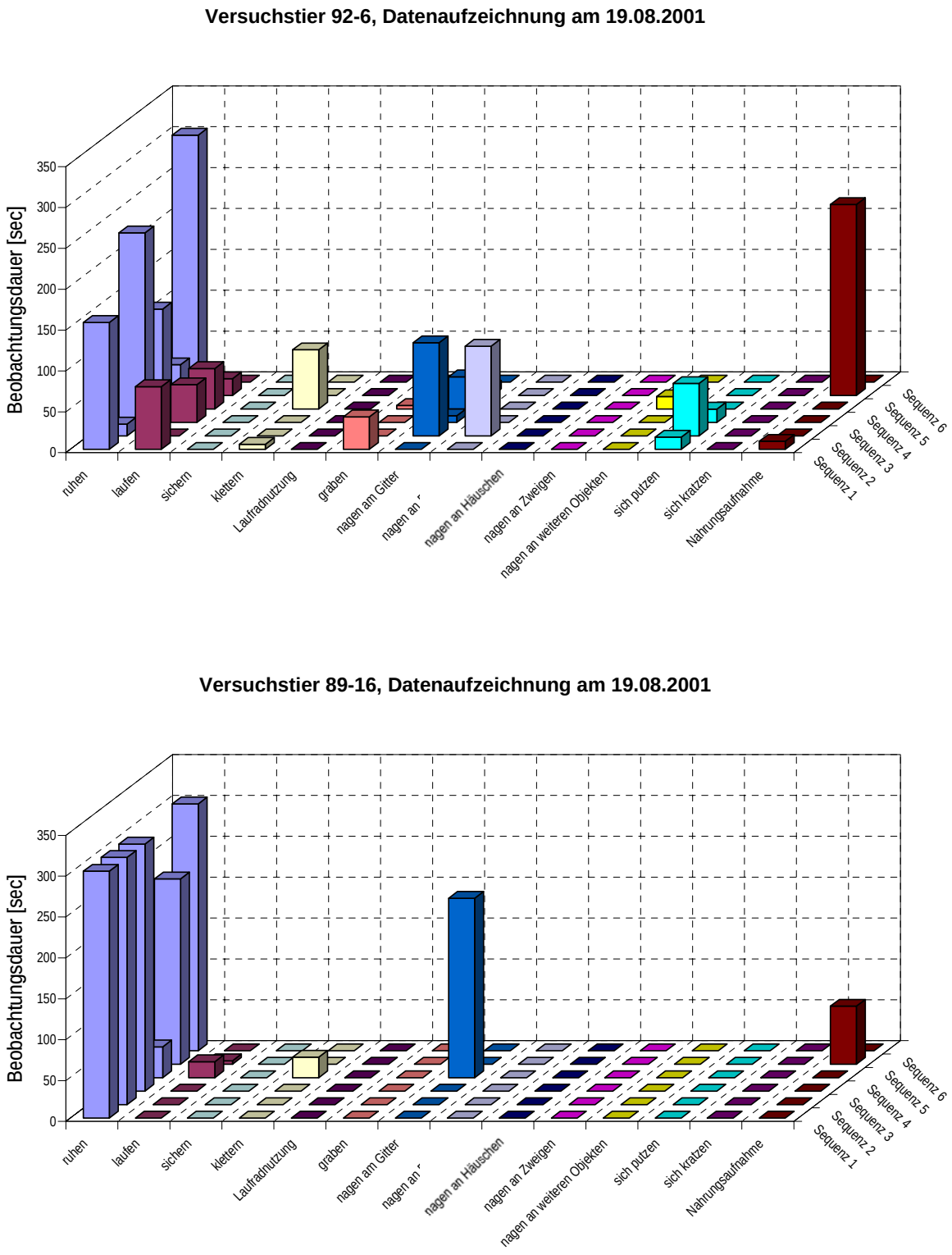
Versuchstier 87-5, Datenaufzeichnung am 18.08.2001



Versuchstier 93-15, Datenaufzeichnung am 18.08.2001

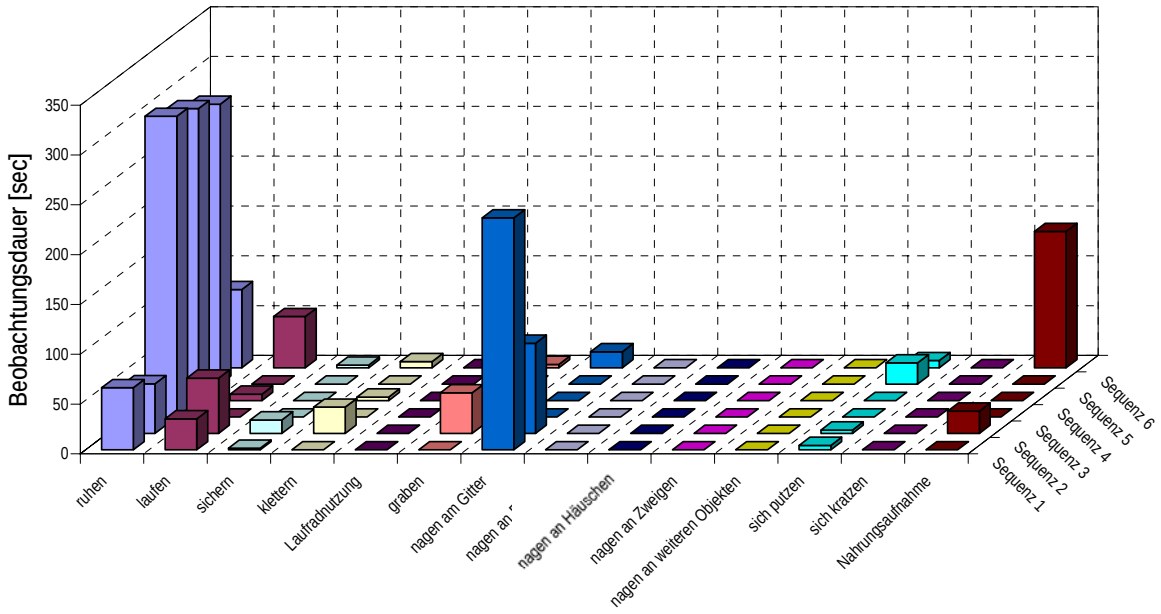


Grafik 46: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 87-5 und 93-15 am 49. Lebenstag.

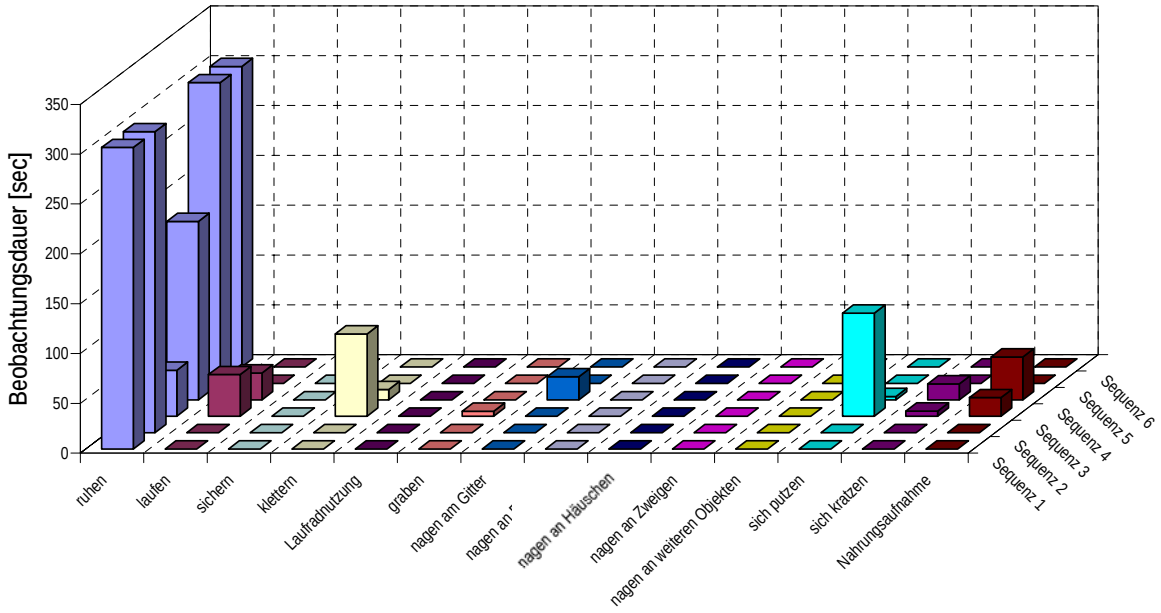


Grafik 47: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 92-6 und 89-16 am 50. Lebenstag.

Versuchstier 101-7, Datenaufzeichnung am 21.08.2001

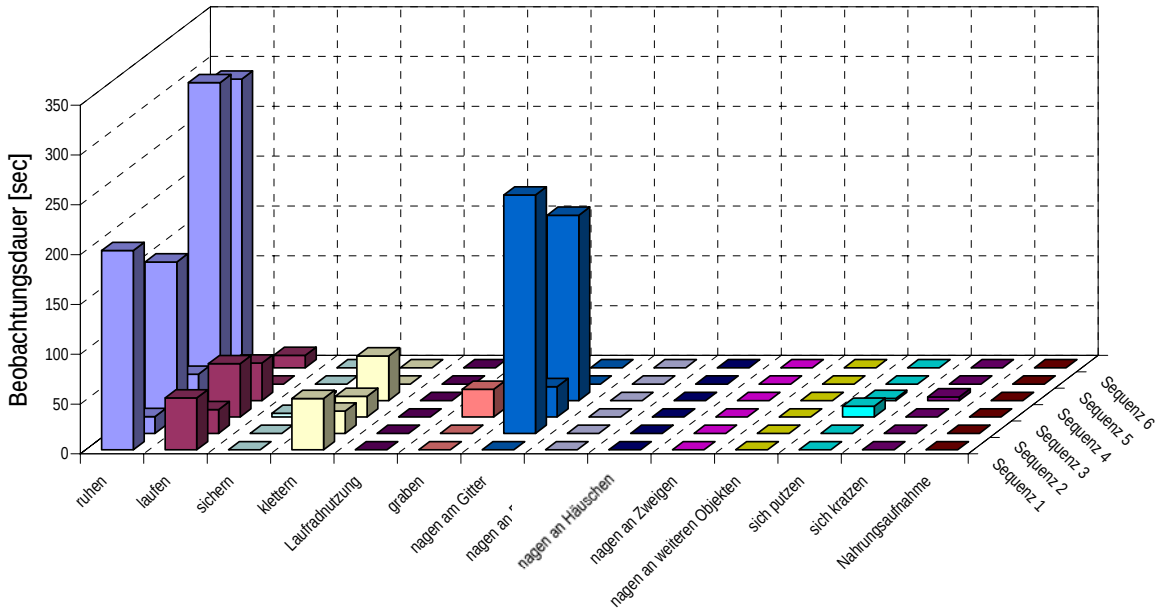


Versuchstier 99-17, Datenaufzeichnung am 21.08.2001

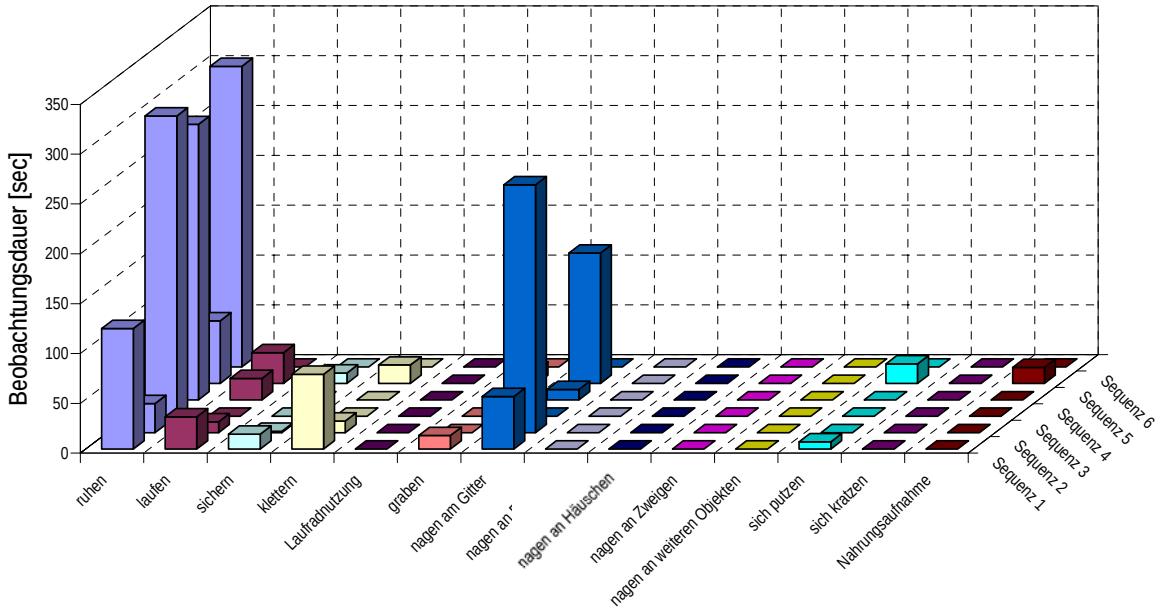


Grafik 48k: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 101-7 und 99-17 am 50. Lebenstag.

Versuchstier 113-1, Datenaufzeichnung am 22.08.2001

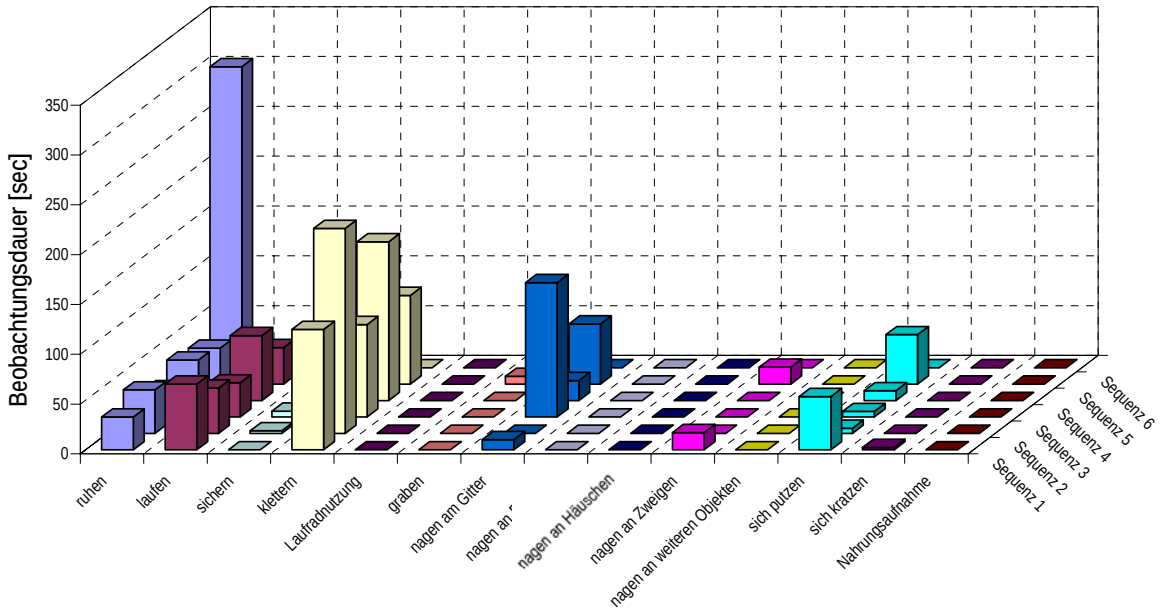


Versuchstier 114-11, Datenaufzeichnung am 22.08.2001

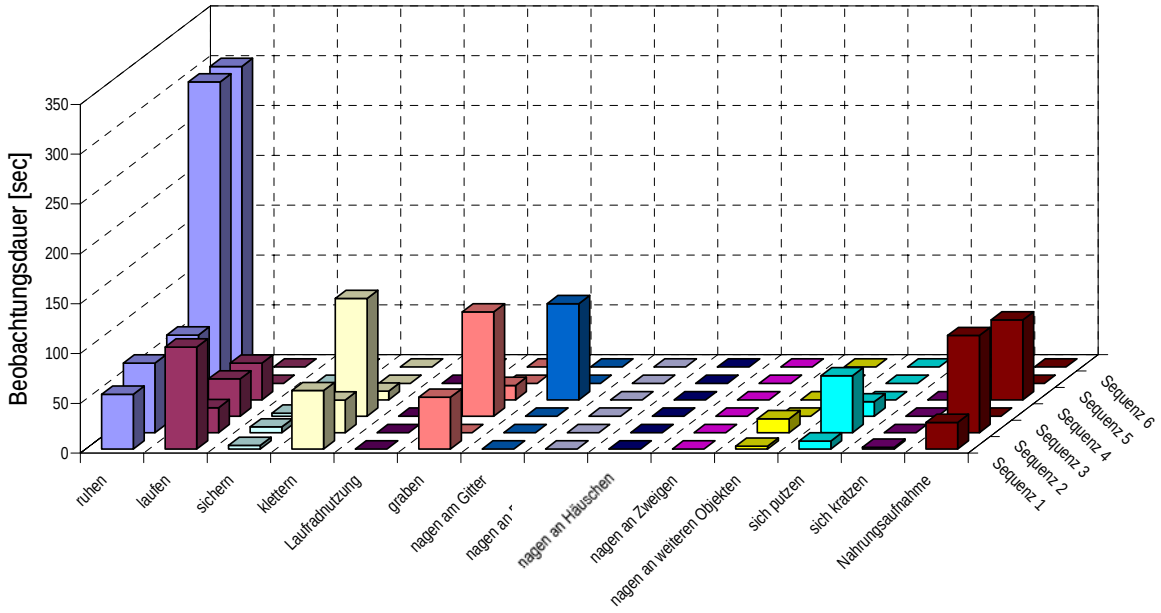


Grafik 1: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 113-1 und 114-11 am 48. Lebenstag.

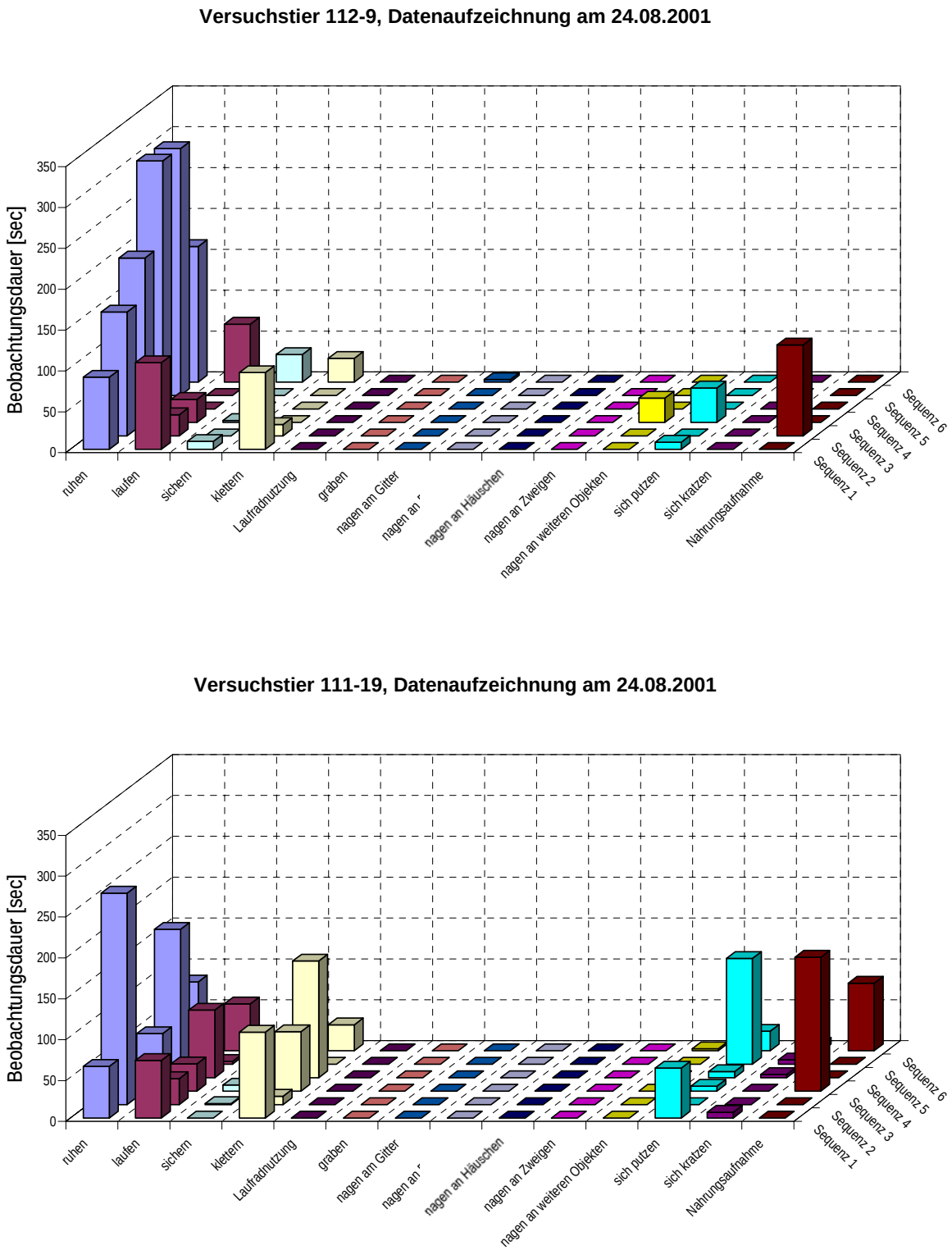
Versuchstier 115-8, Datenaufzeichnung am 23.08.2001



Versuchstier 116-18, Datenaufzeichnung am 23.08.2001

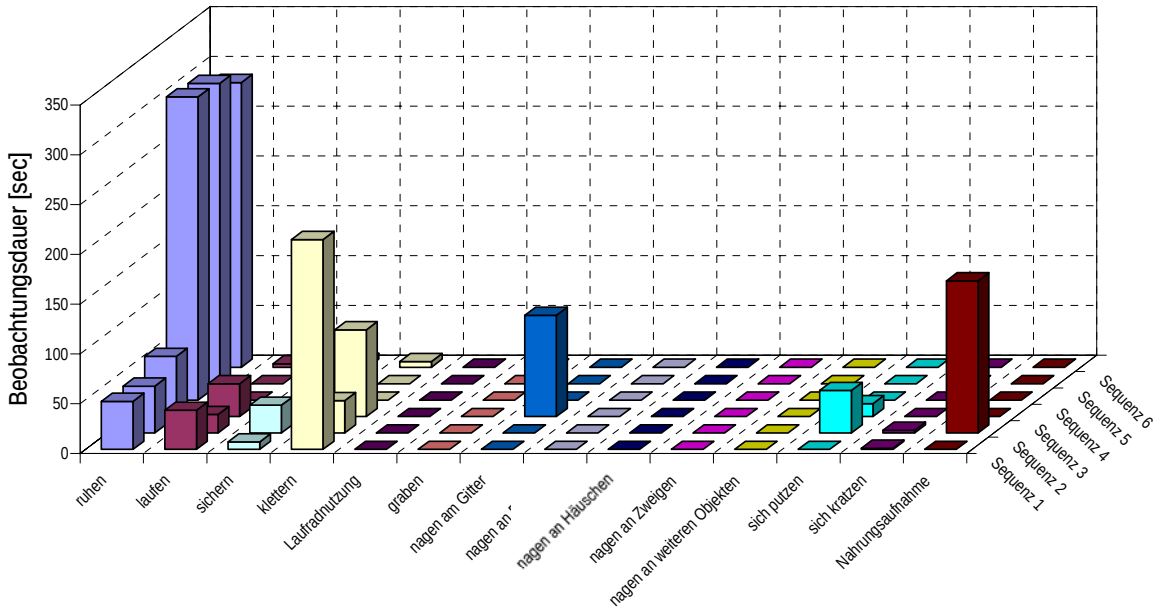


Grafik 49: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 115-8 und 116-18 am 49. Lebenstag.

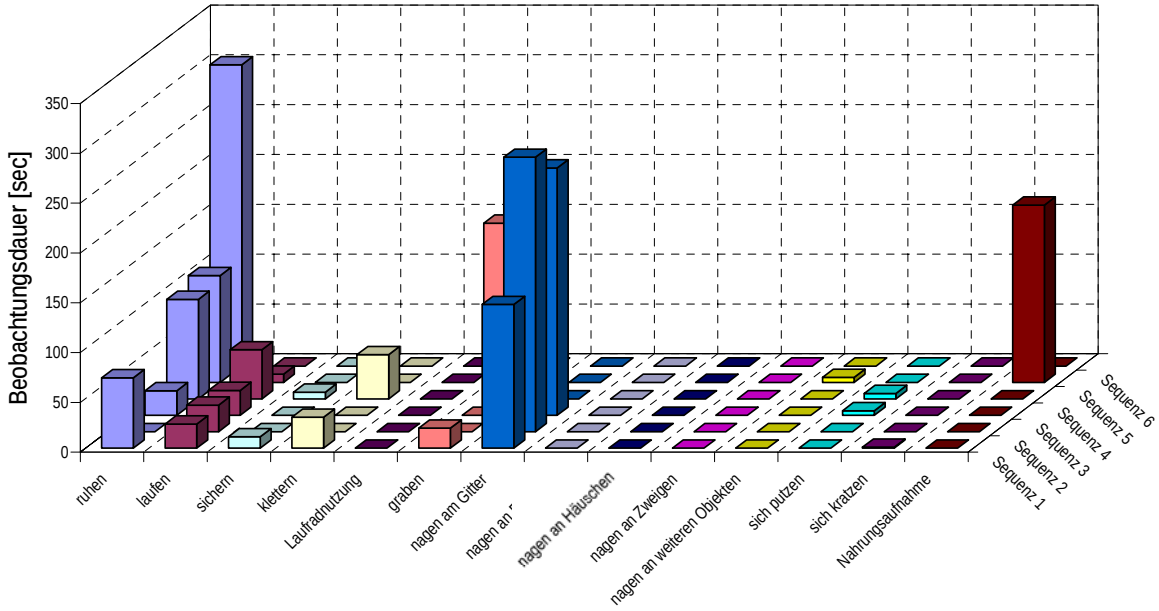


Grafik 50: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 112-9 und 111-19 am 50. Lebenstag.

Versuchstier 110-10, Datenaufzeichnung am 25.08.2001

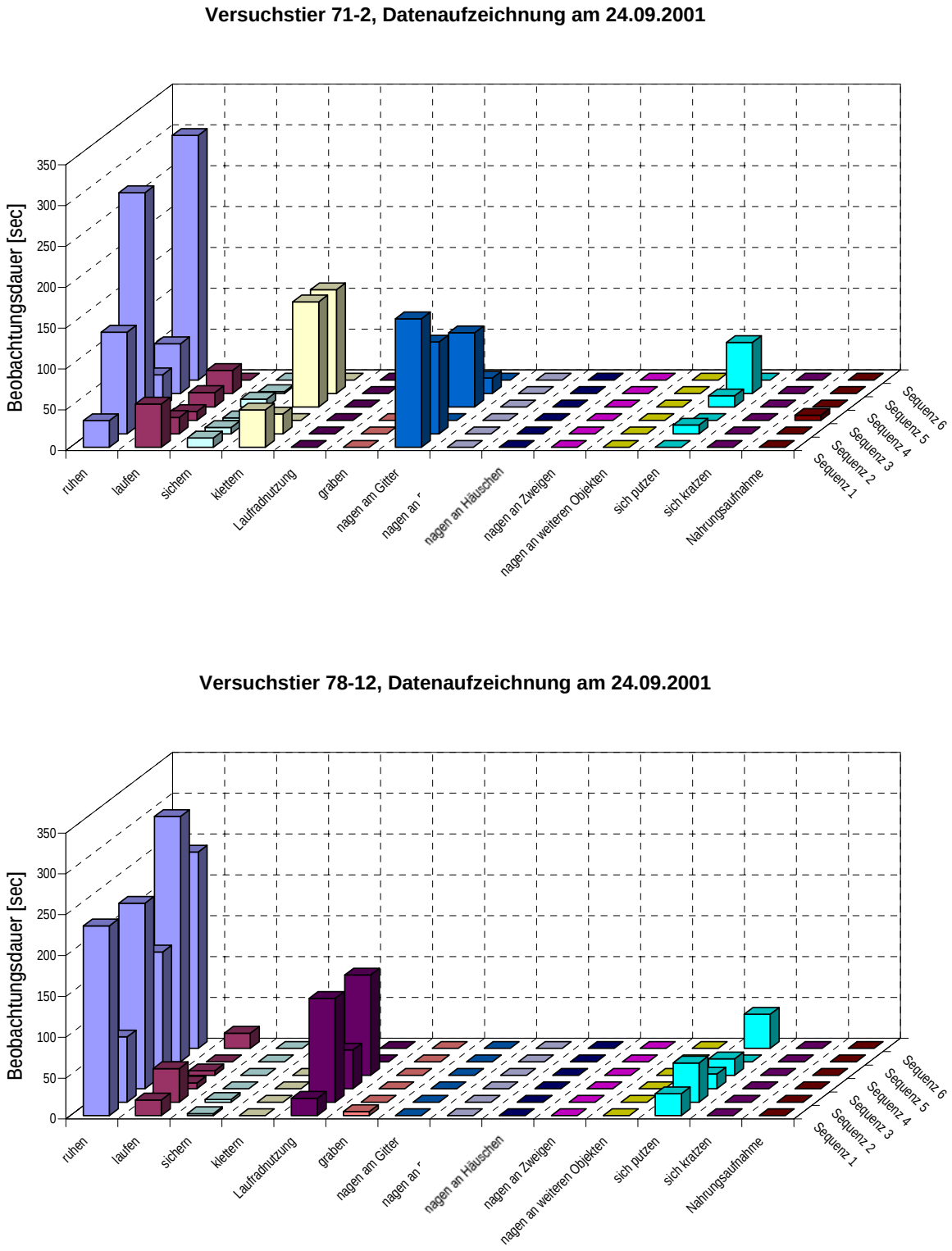


Versuchstier 109-20, Datenaufzeichnung am 25.08.2001



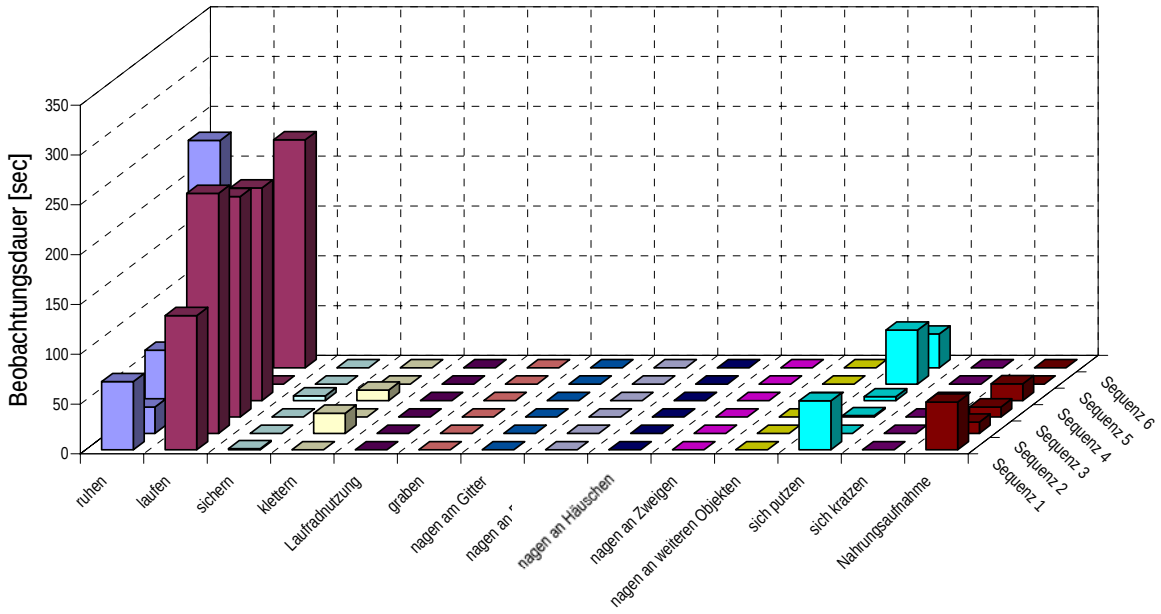
Grafik 51: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 110-10 und 109-20 am 51. Lebenstag.

7.2.2 Verhaltensbeobachtungen um den 90. Lebenstag

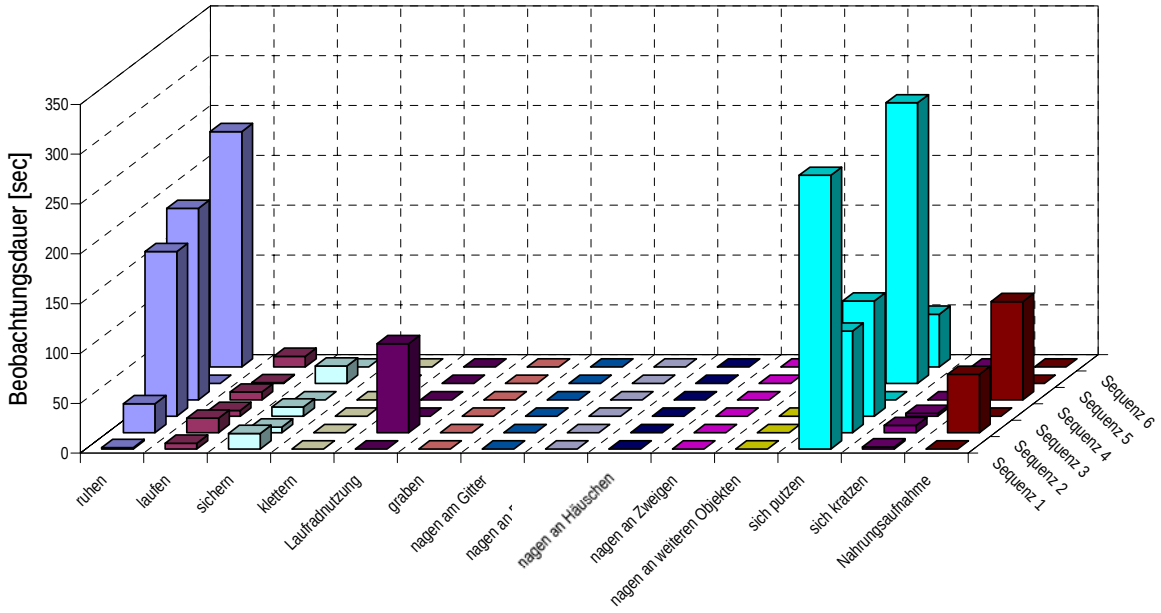


Grafik 52: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 71-2 und 78-12 am 88. Lebenstag.

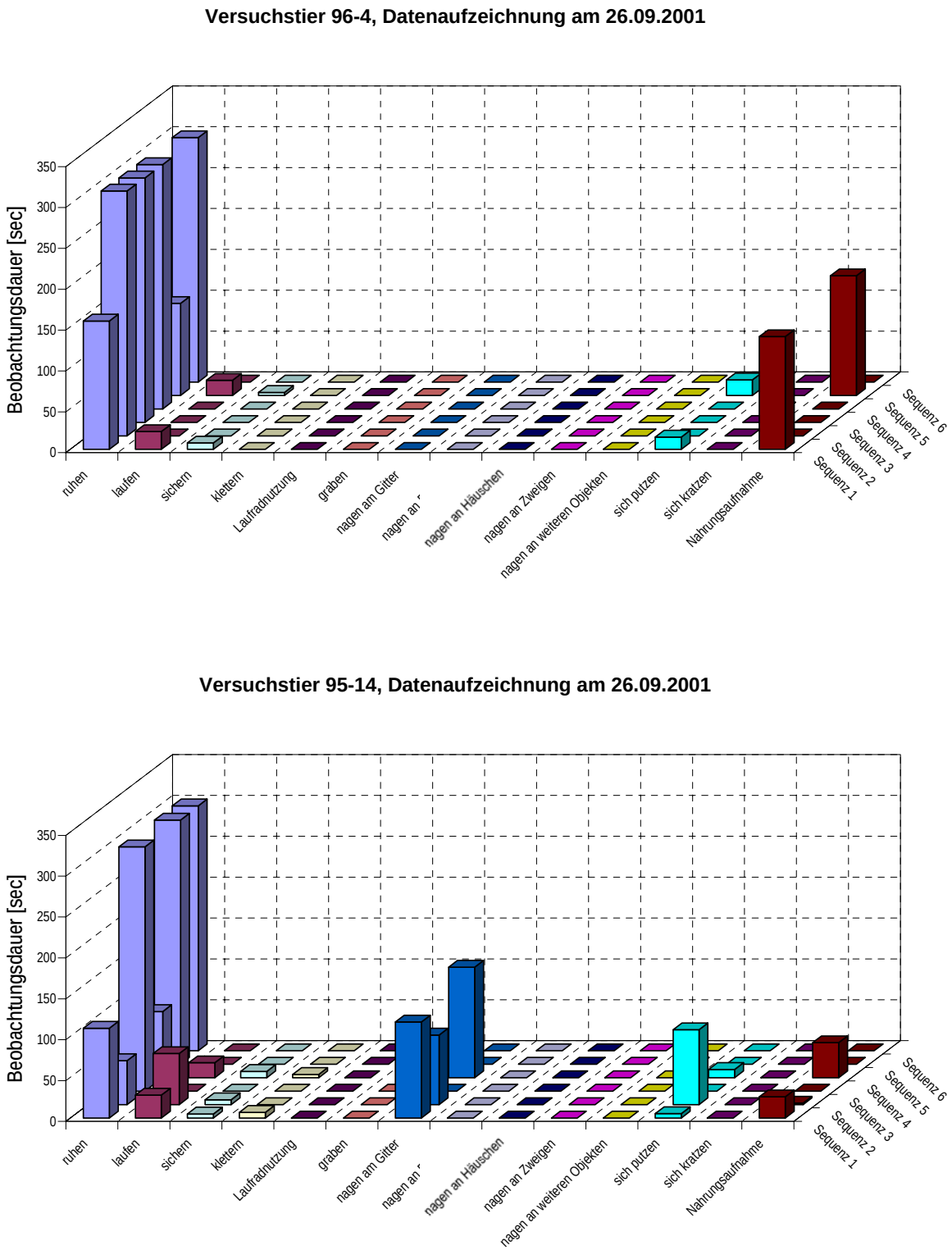
Versuchstier 86-3, Datenaufzeichnung am 25.09.2001



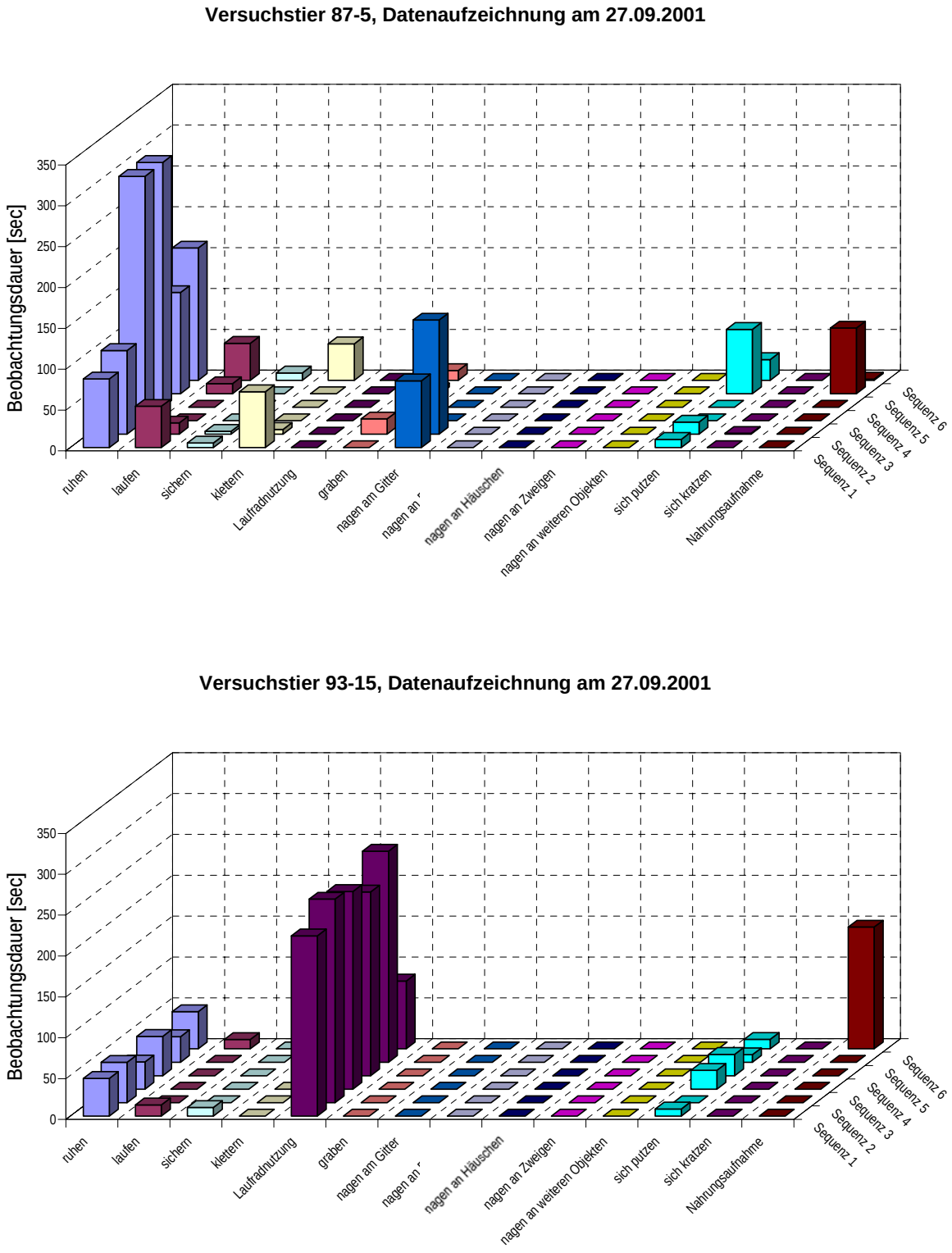
Versuchstier 84-13, Datenaufzeichnung am 25.09.2001



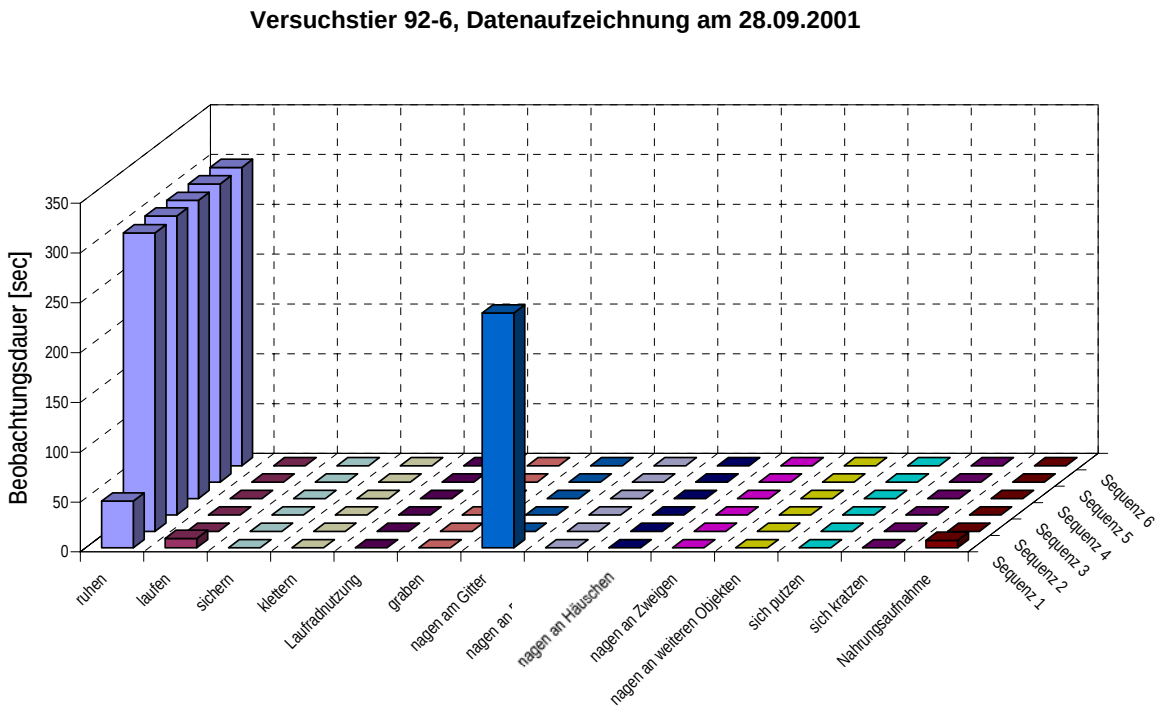
Grafik 53: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 86-3 und 84-13 am 89. Lebenstag.

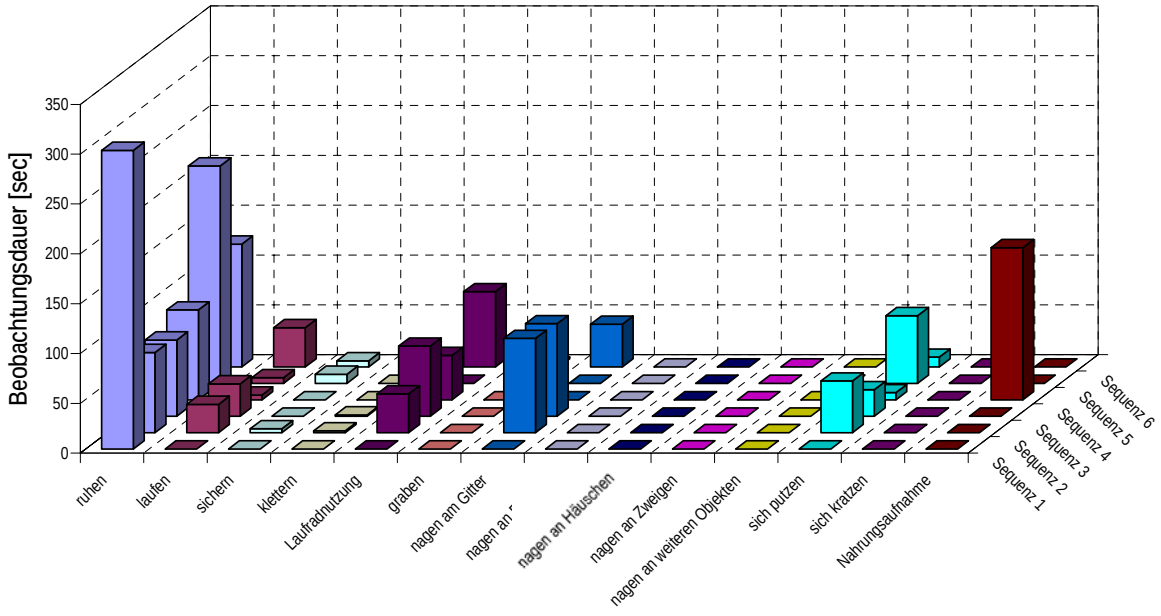


Grafik 54: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 96-4 und 95-14 am 89. Lebenstag.

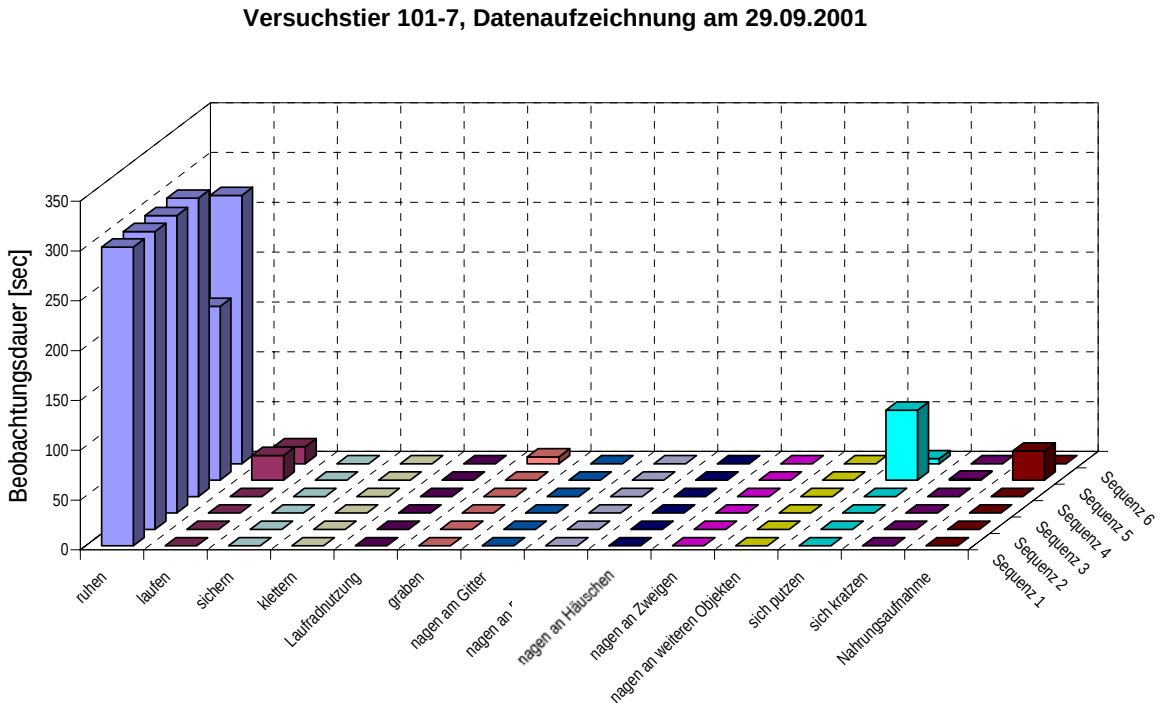


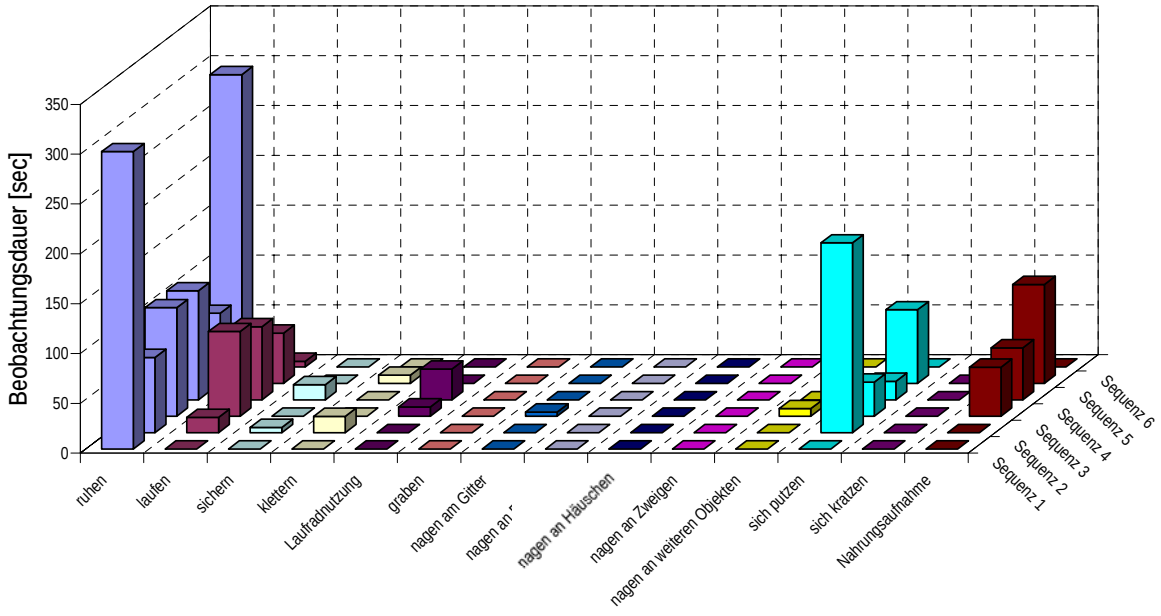
Grafik 55: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 87-5 und 93-15 am 90. Lebenstag.





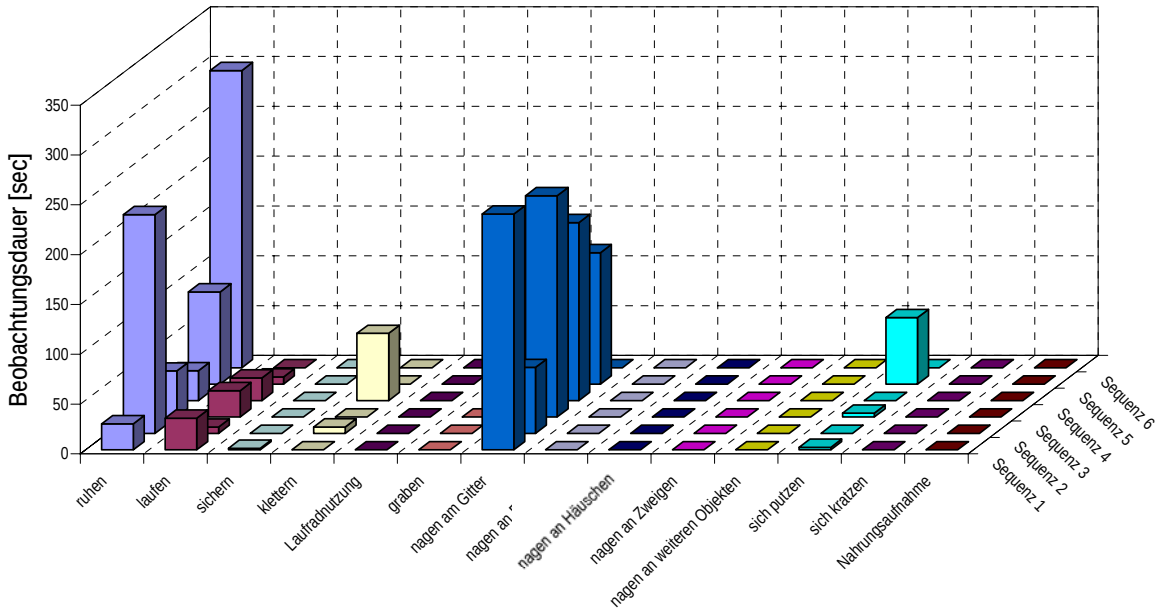
Grafik 56: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 92-6 und 89-16 am 91. Lebenstag.



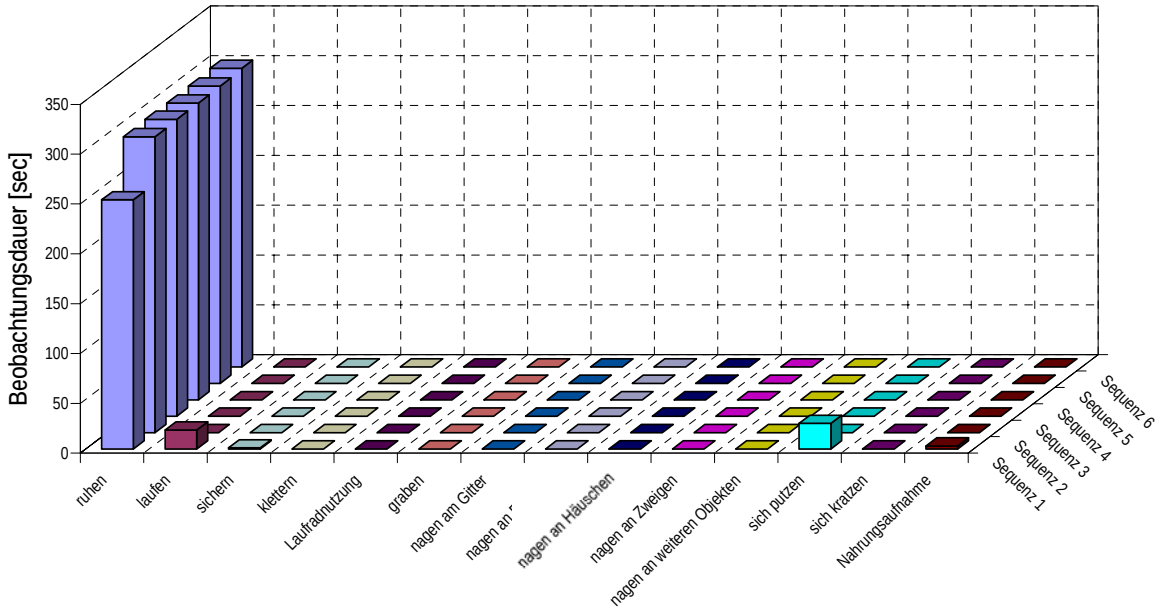


Grafik 57: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 101-7 und 99-17 am 89. Lebenstag.

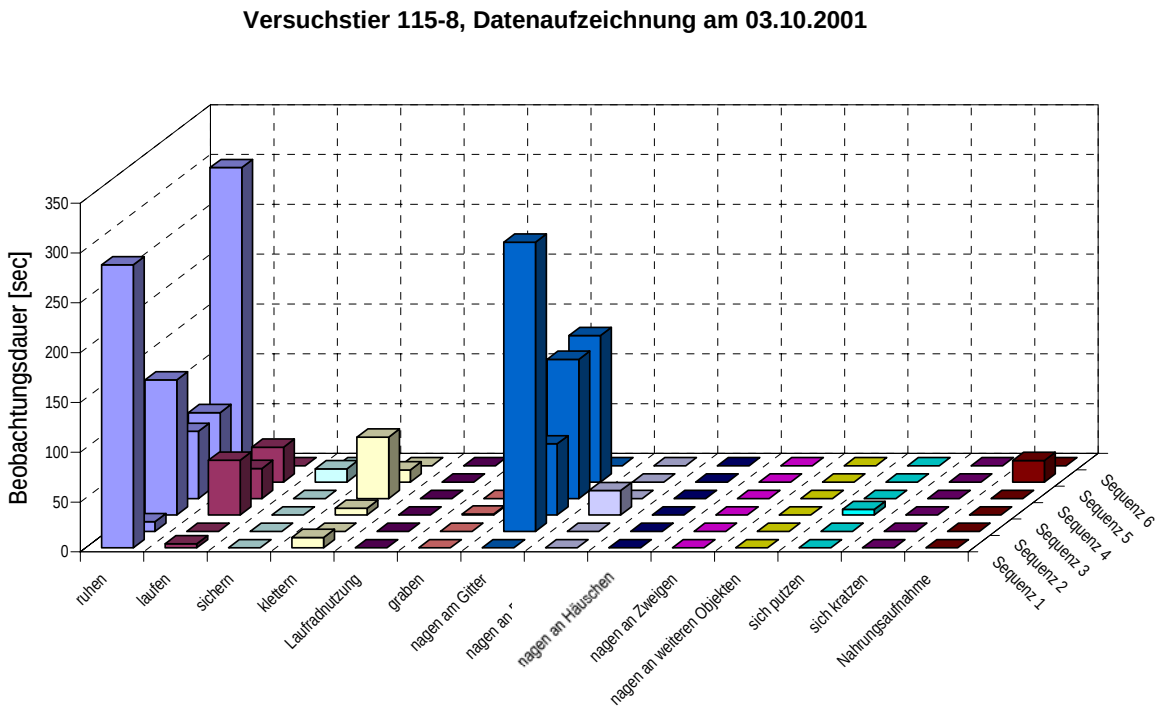
Versuchstier 113-1, Datenaufzeichnung am 01.10.2001

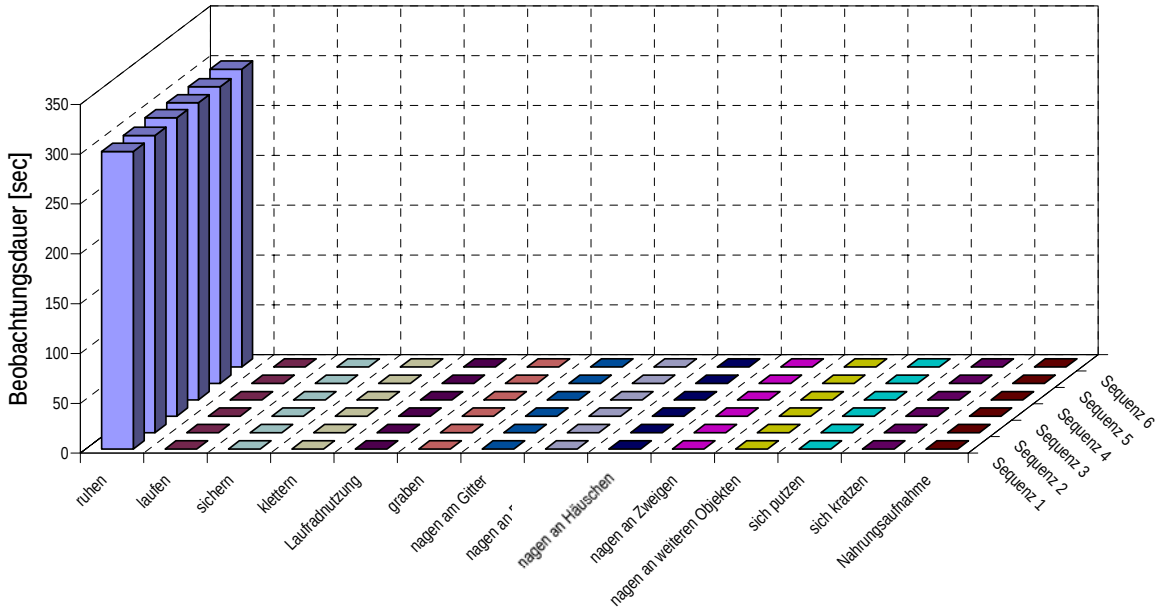


Versuchstier 114-11, Datenaufzeichnung am 01.10.2001

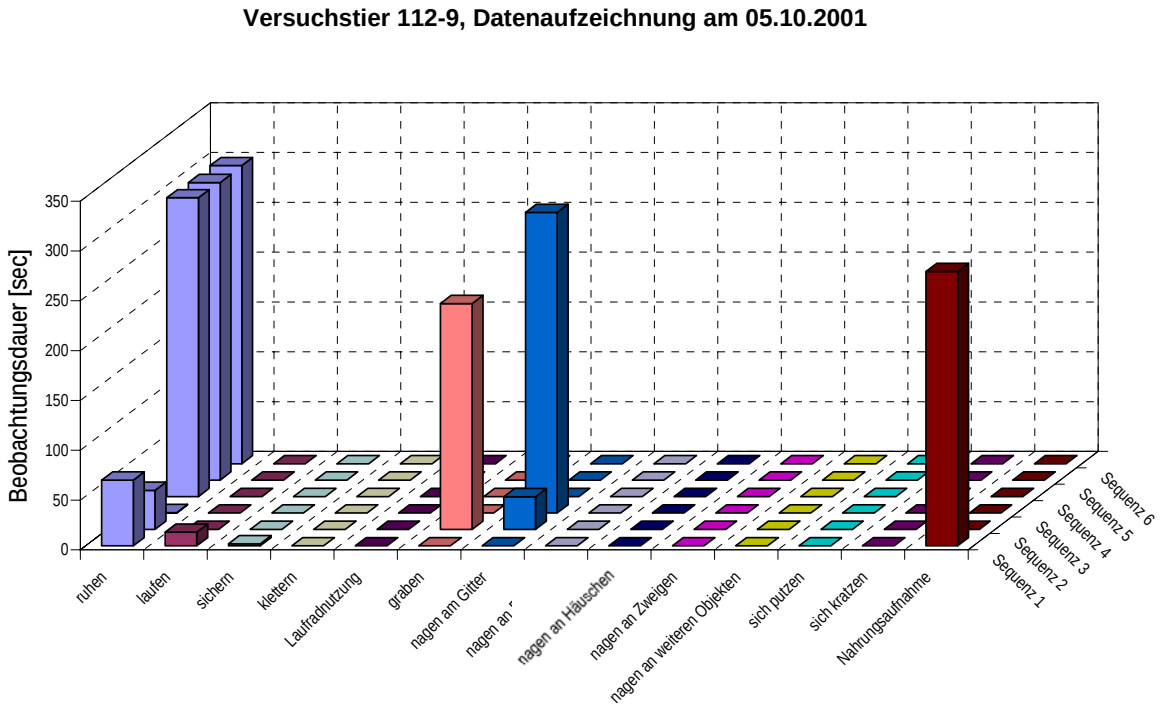


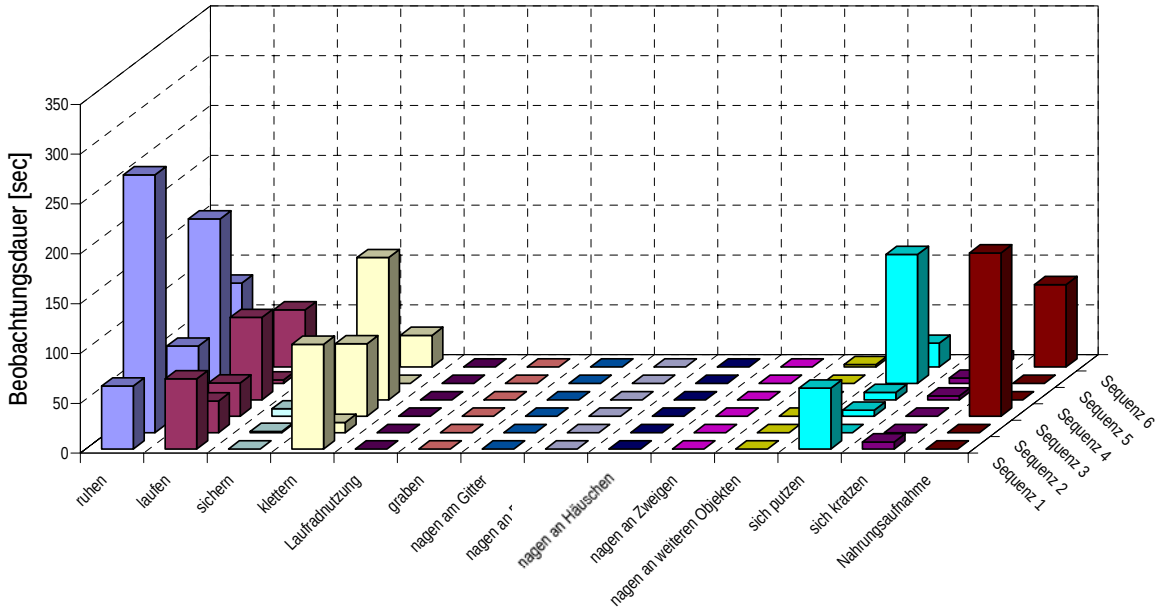
Grafik 58: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 113-1 und 114-11 am 88. Lebenstag.



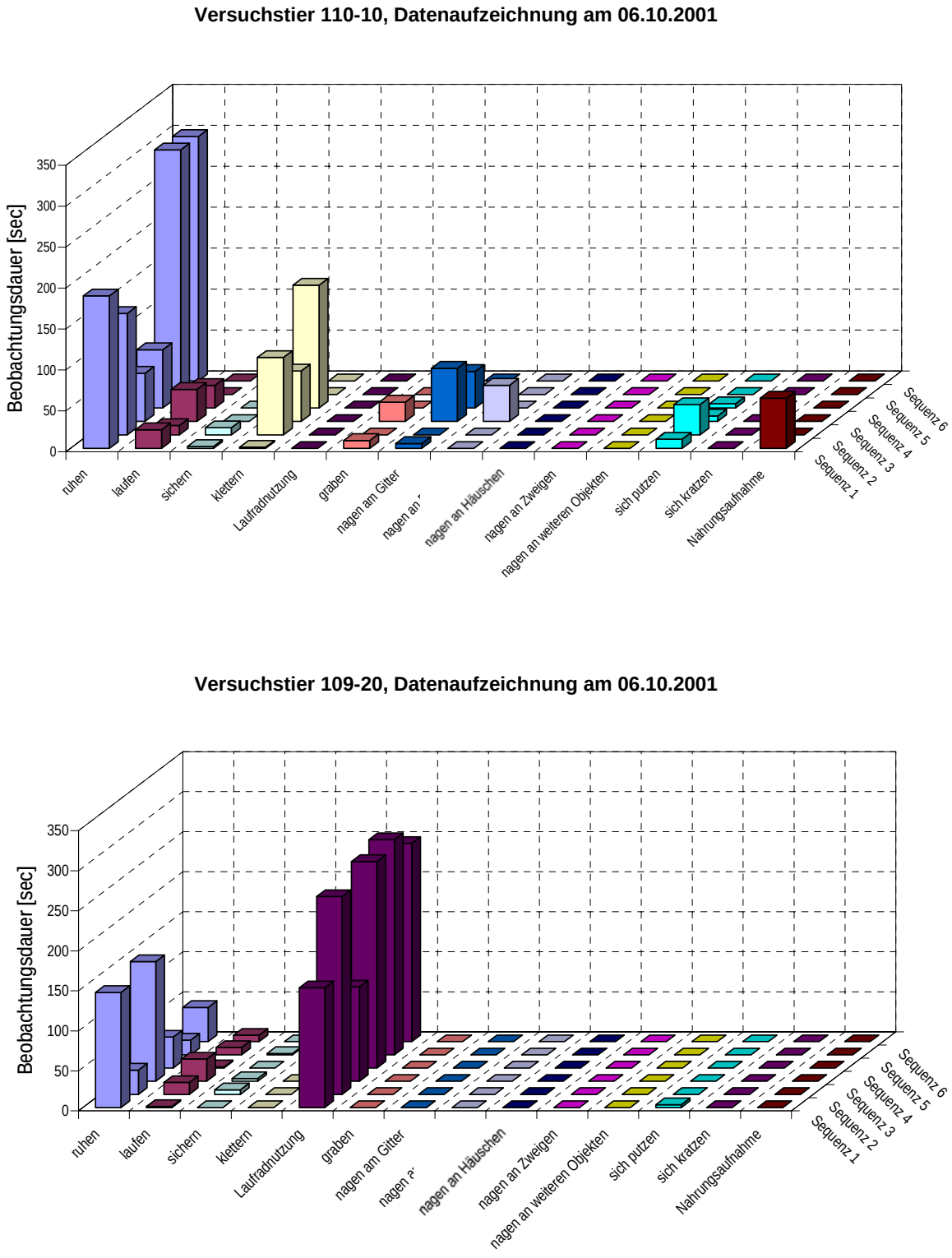


Grafik 59: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 115-8 und 116-18 am 90. Lebenstag.



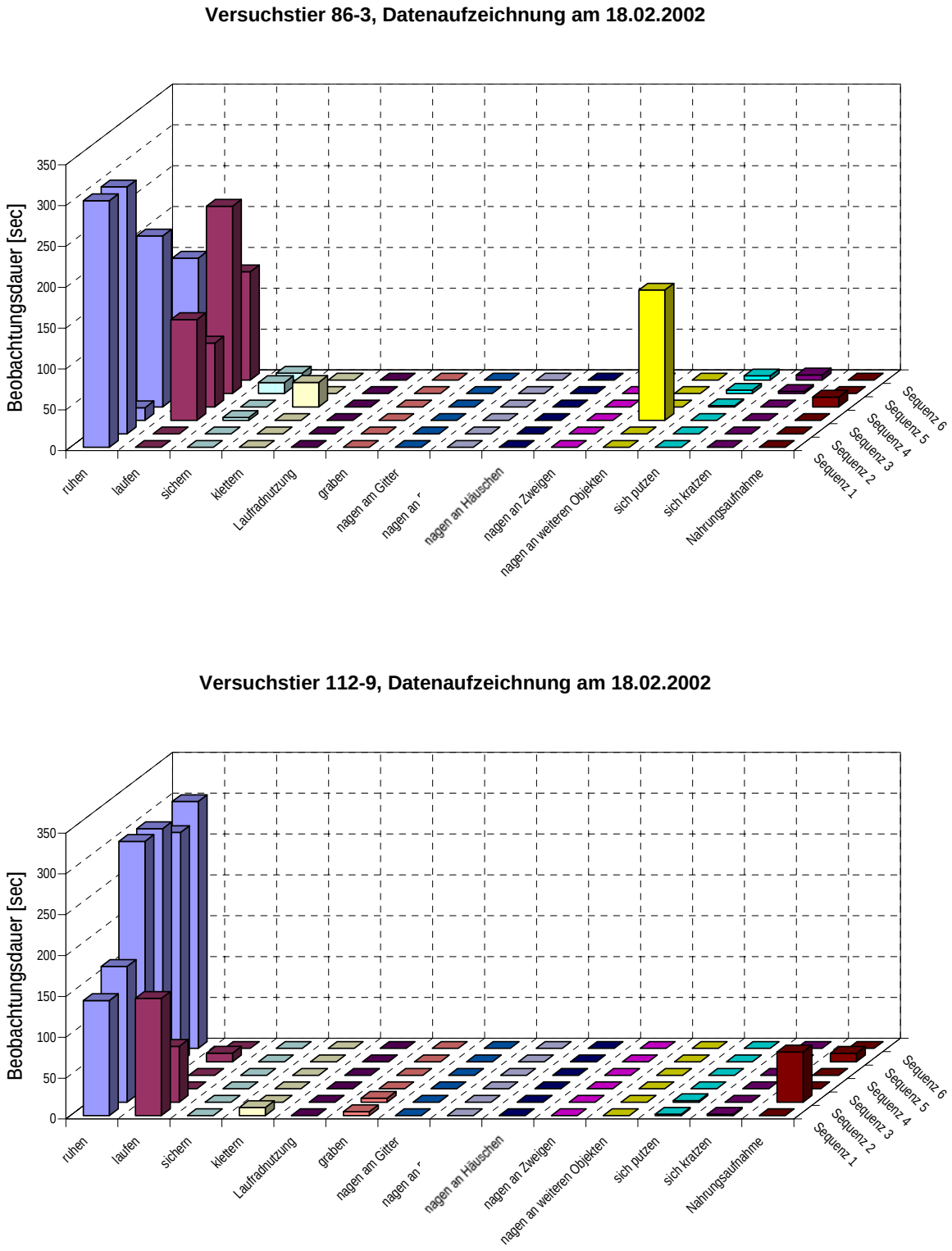


Grafik 60: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 112-9 und 111-19 am 92. Lebenstag.

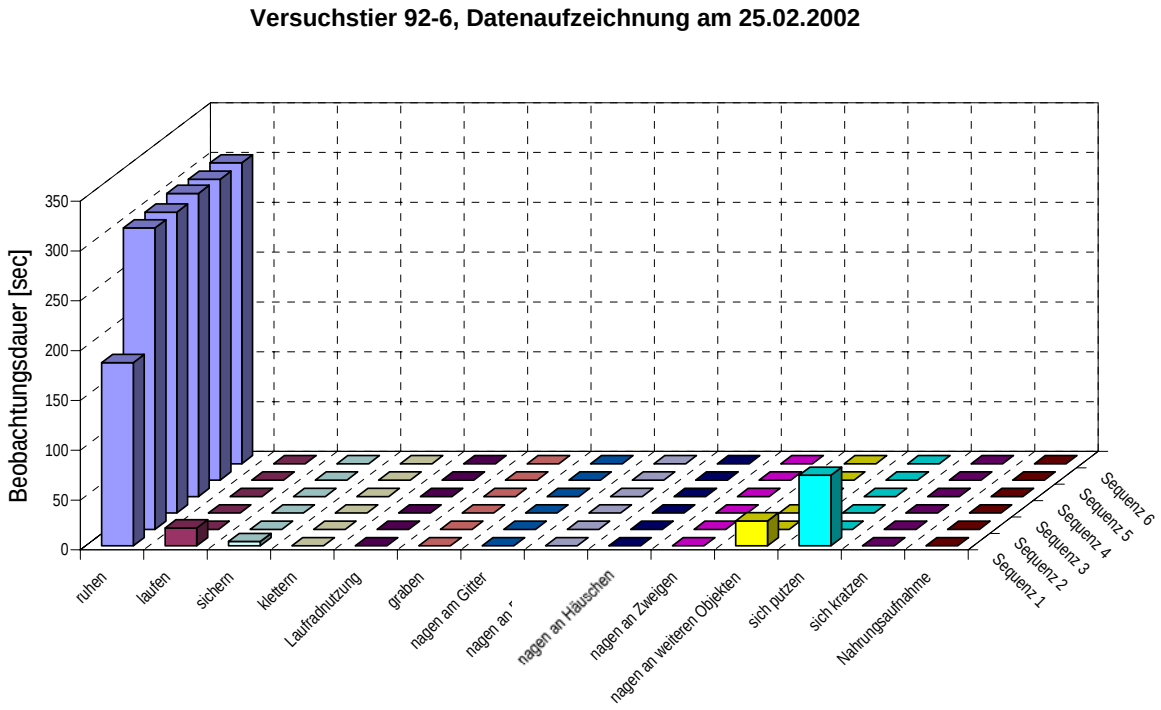


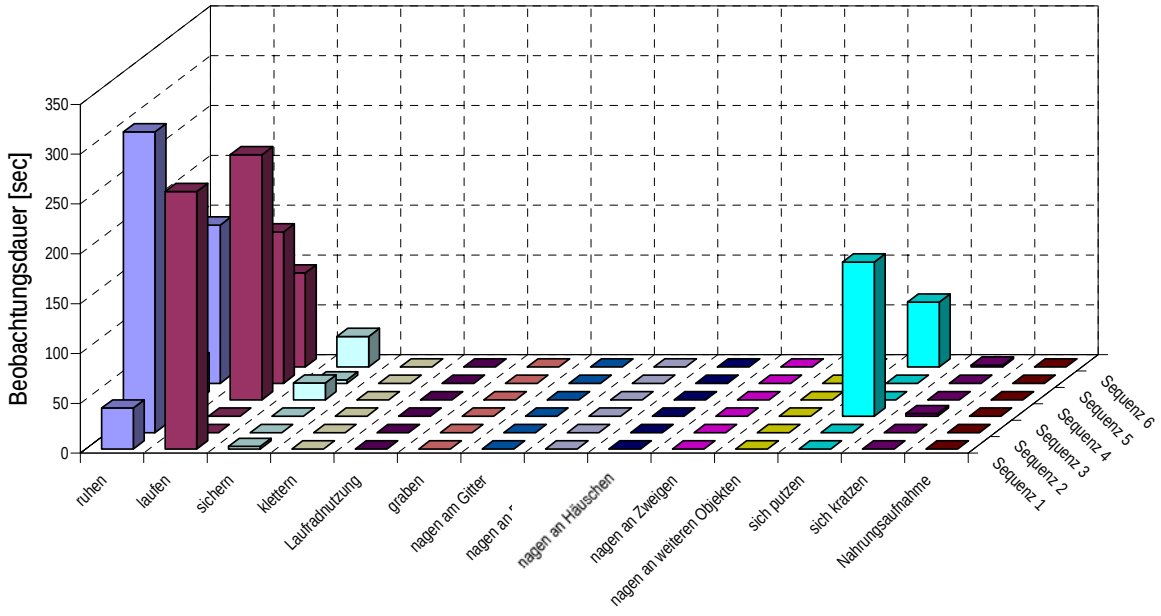
Grafik 61: registrierte Verhaltensweisen der Schwesterntiere 110-10 und 109-20 am 93. Lebenstag.

7.2.3 Verhaltensbeobachtungen nach dem zweiten Wurf

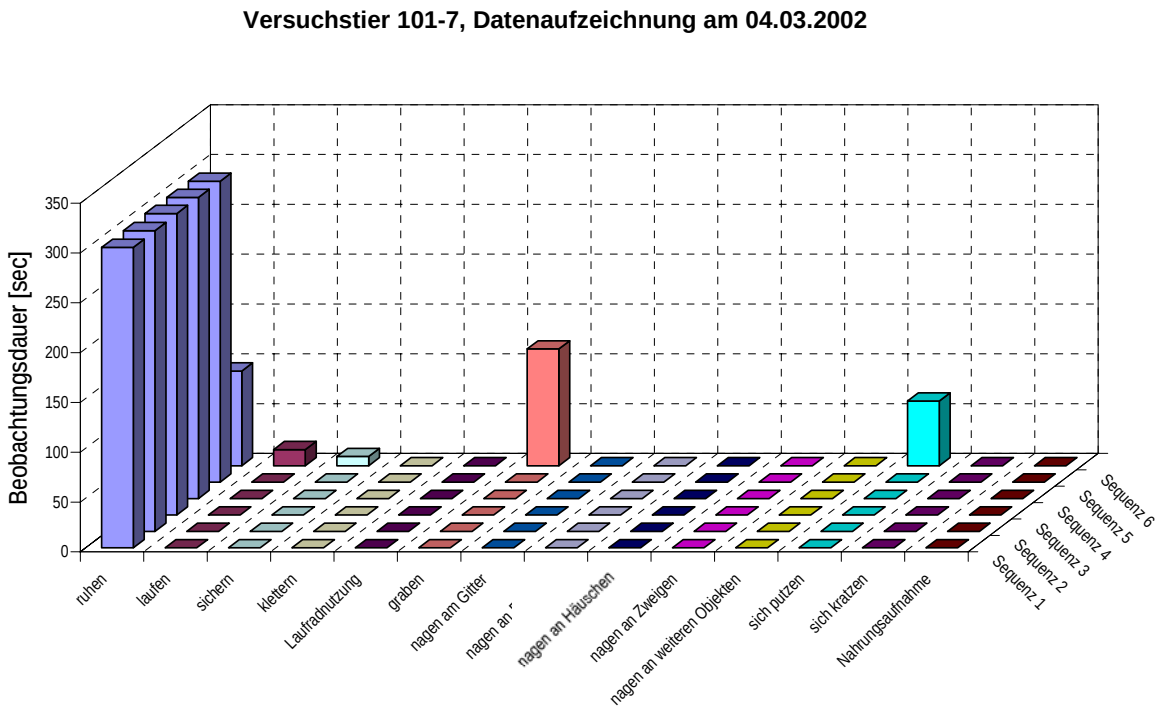


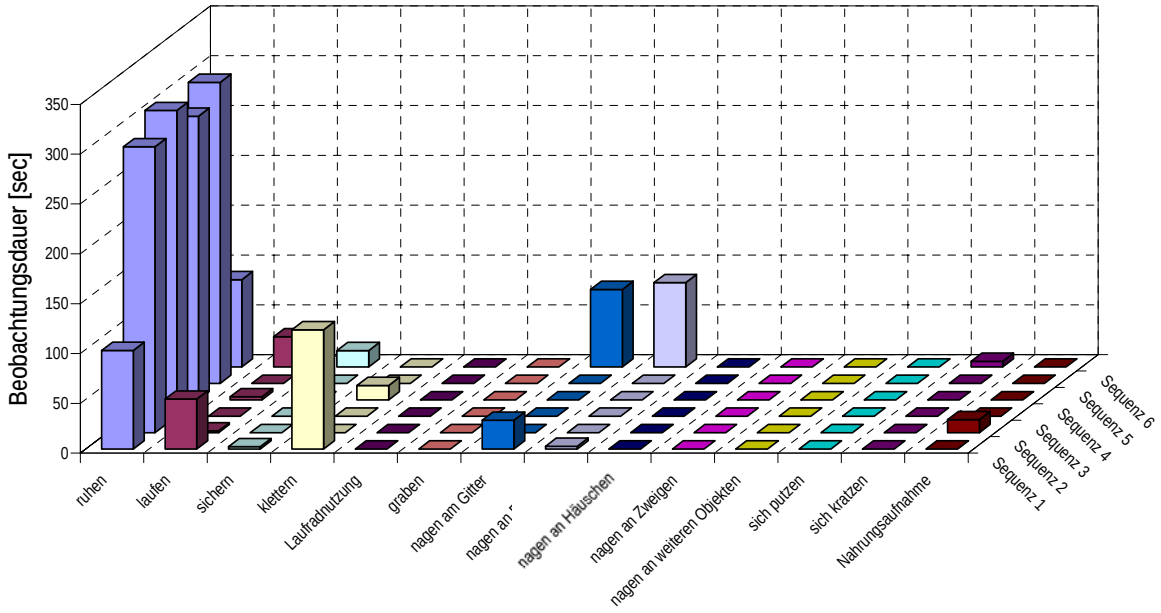
Grafik 62: registrierte Verhaltensweisen der Versuchstiere 86-3 (am 235. Lebenstag) und 112-9 (am 228. Lebenstag).





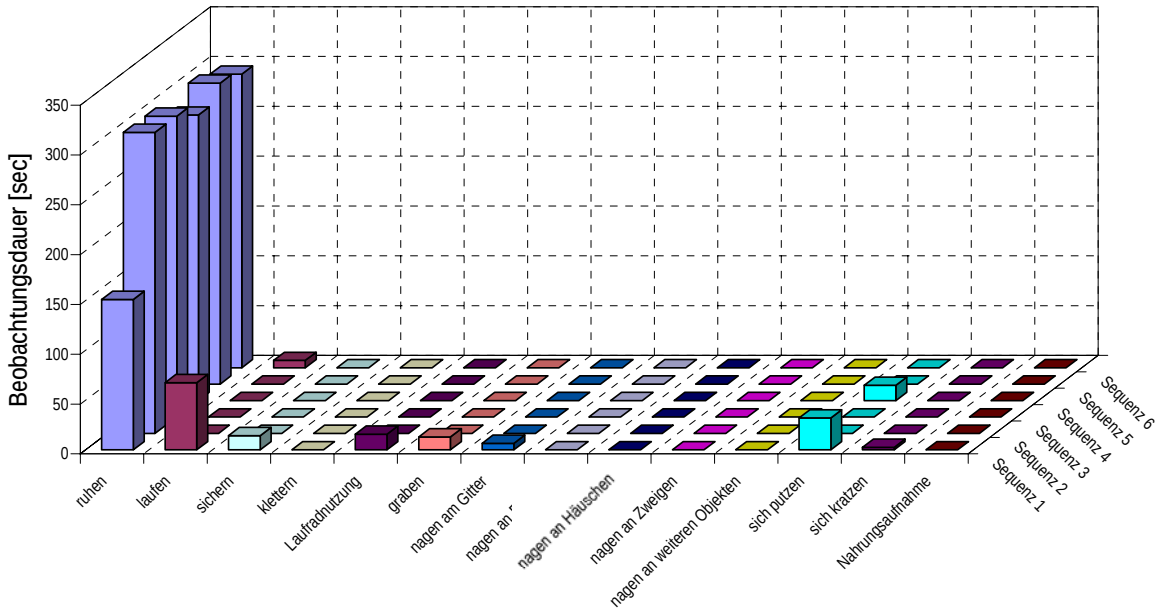
Grafik 63: registrierte Verhaltensweisen der Versuchstiere 92-6 (am 241. Lebenstag) und 113-1 (am 235. Lebenstag).



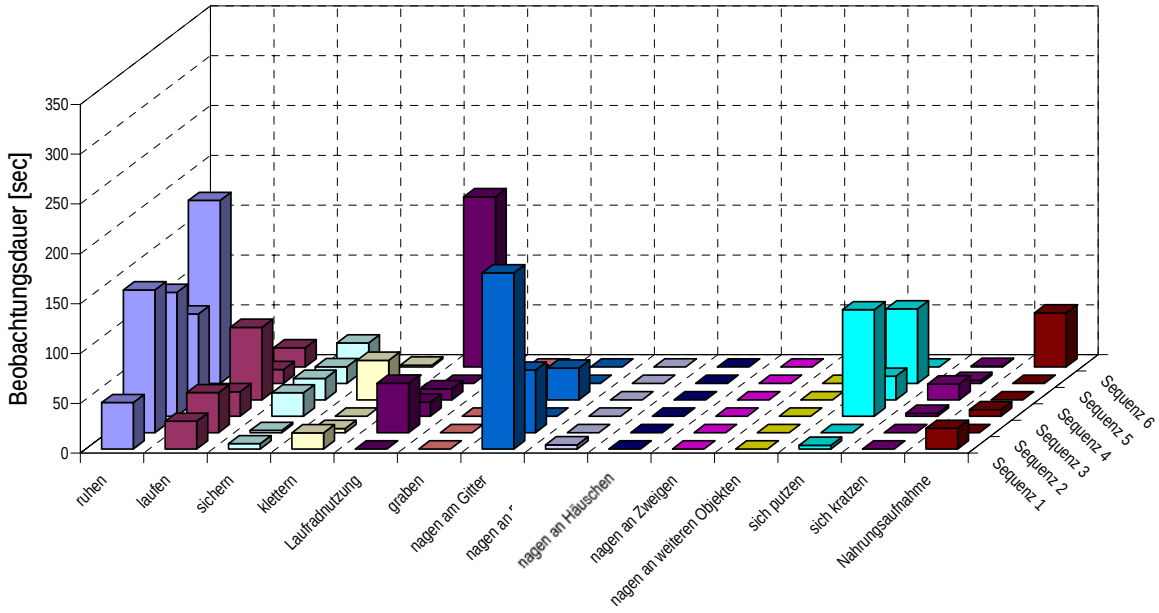


Grafik 64: registrierte Verhaltensweisen der Versuchstiere 101-7 (am 245. Lebenstag) und 110-10 (am 248. Lebenstag).

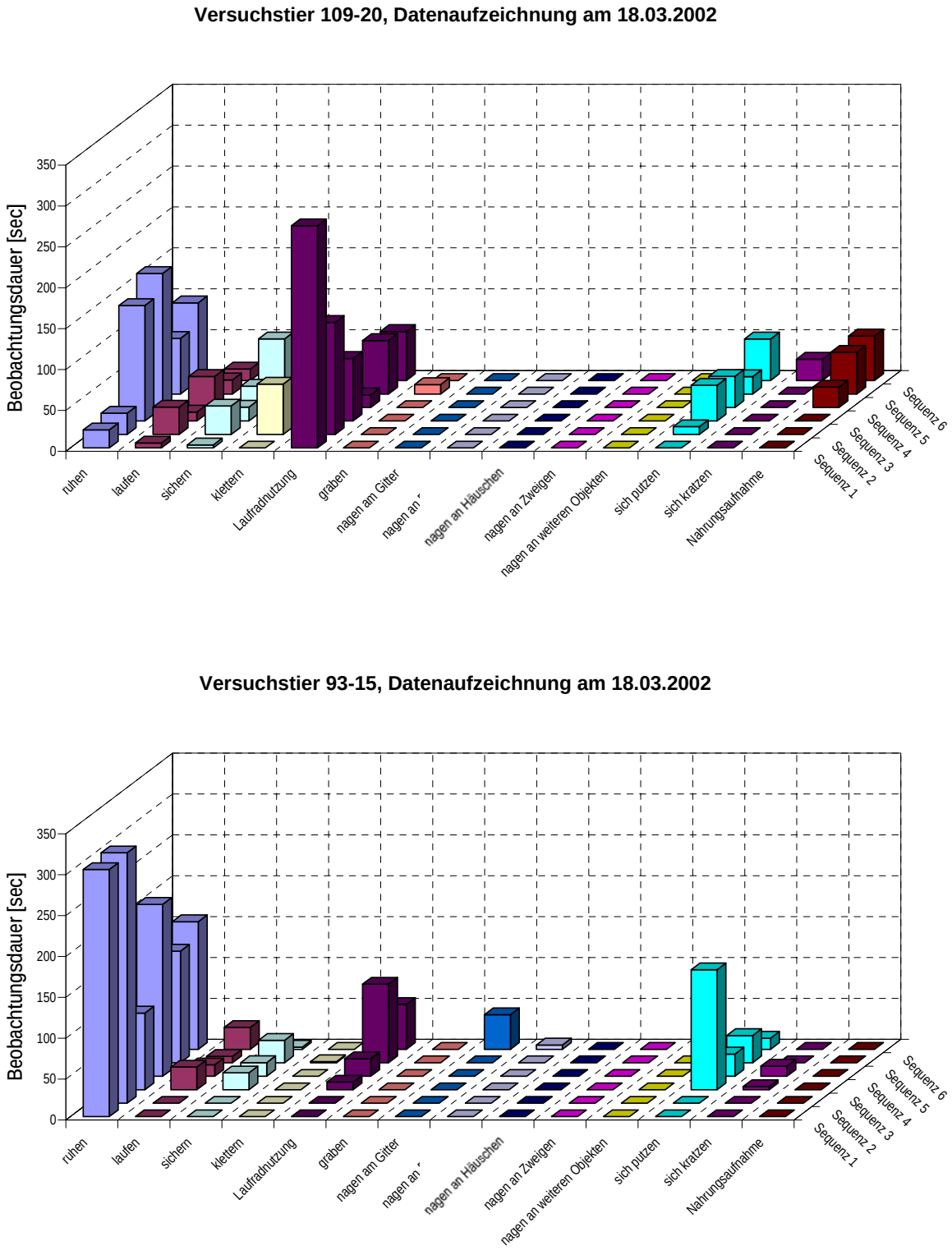
Versuchstier 114-11, Datenaufzeichnung am 11.03.2002



Versuchstier 95-14, Datenaufzeichnung am 11.03.2002

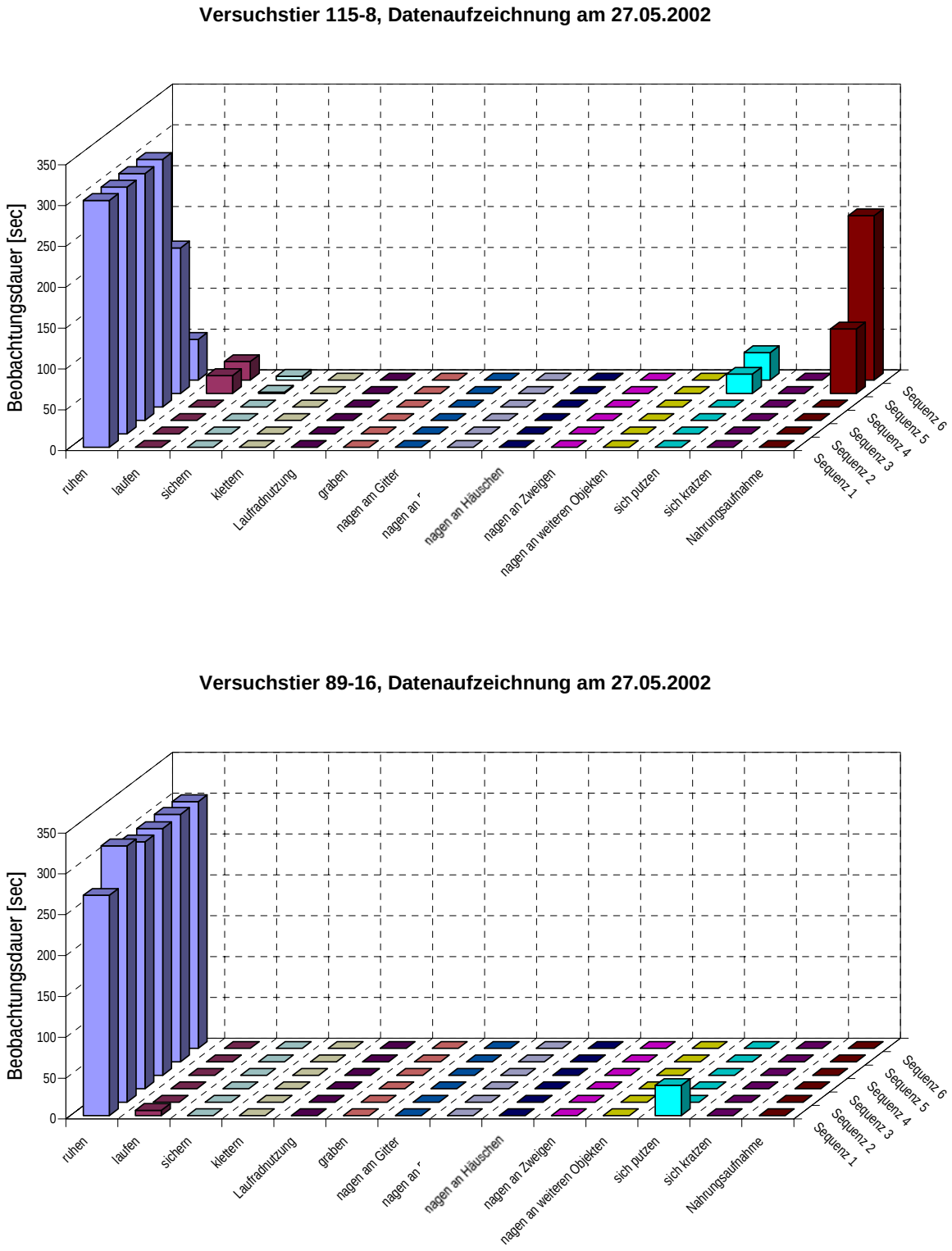


Grafik 65: registrierte Verhaltensweisen der Versuchstiere 114-11 (am 249. Lebenstag) und 95-14 (am 255. Lebenstag).

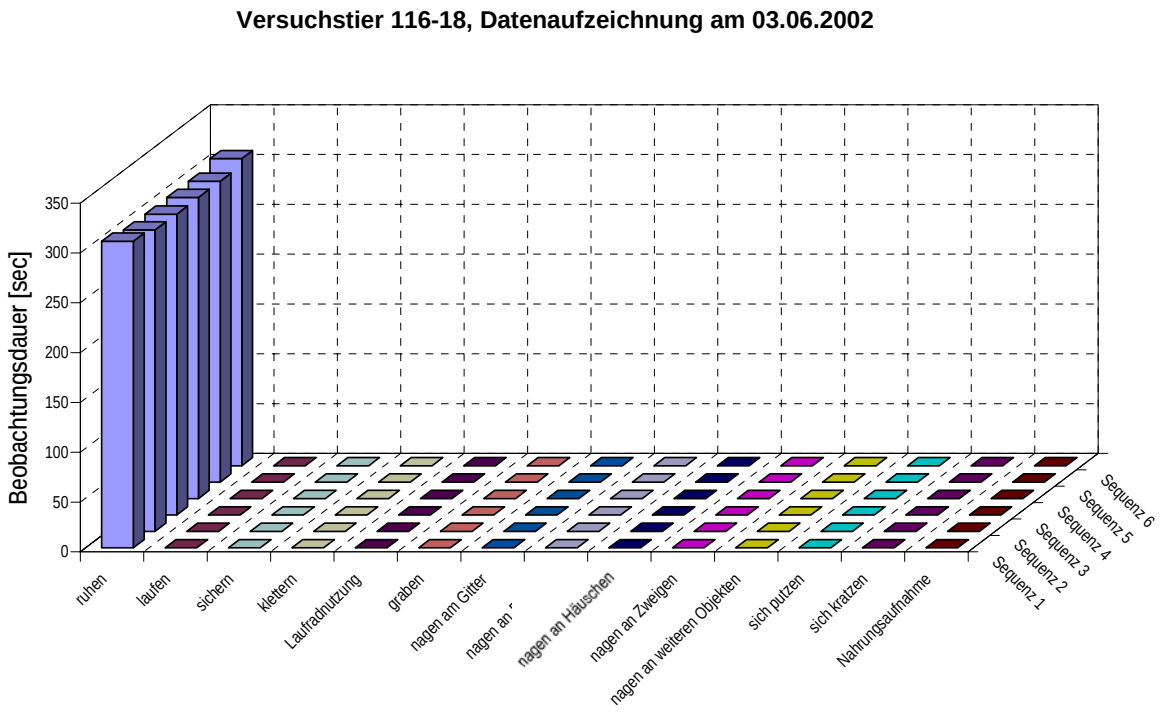


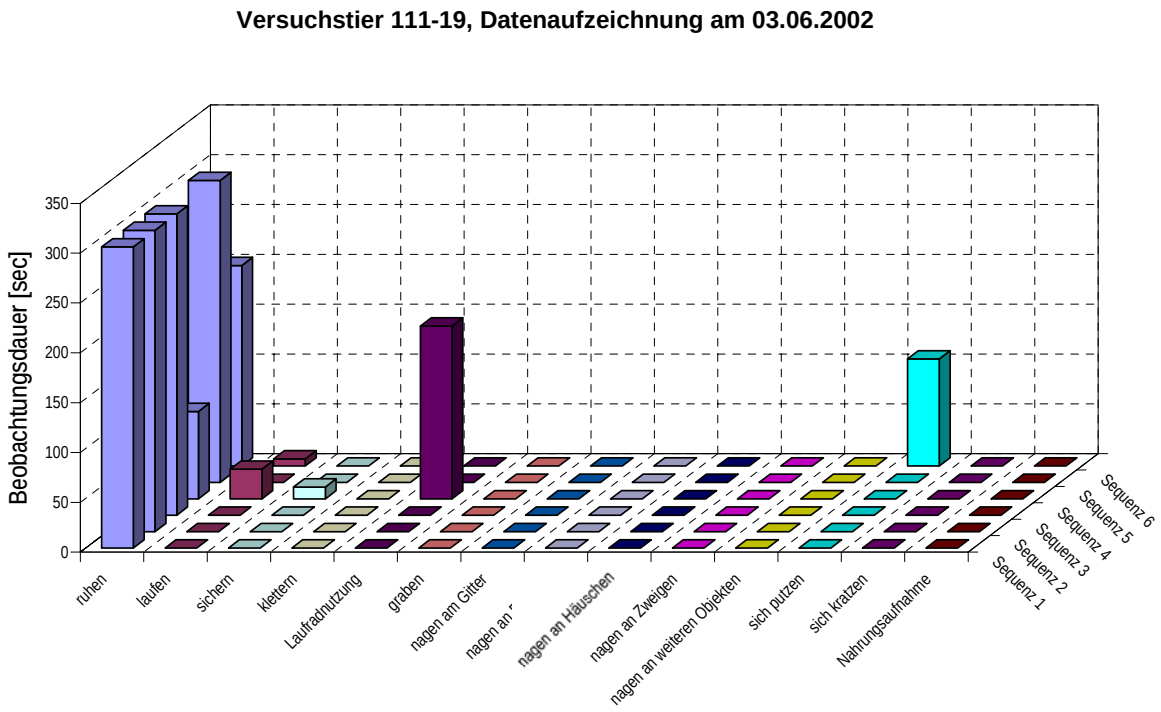
Grafik 66: registrierte Verhaltensweisen der Versuchstiere 109-20 (am 256. Lebenstag) und 93-15 (am 262. Lebenstag).

7.2.4 Verhaltensbeobachtungen nach dem dritten Wurf

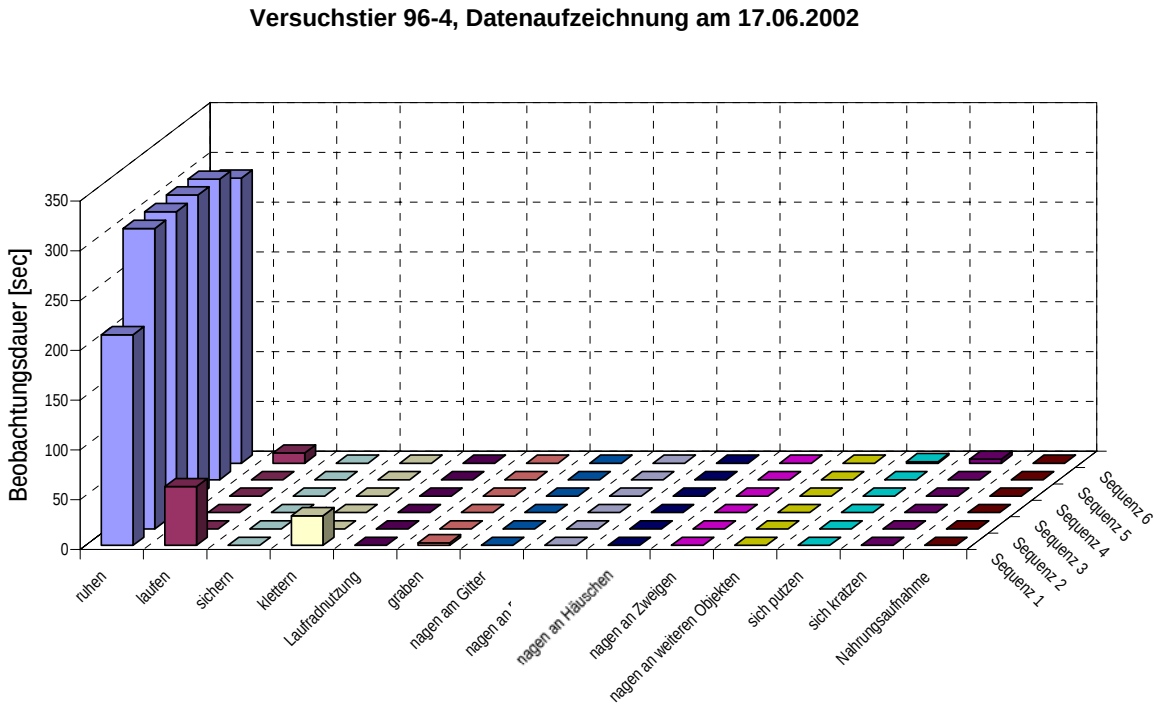


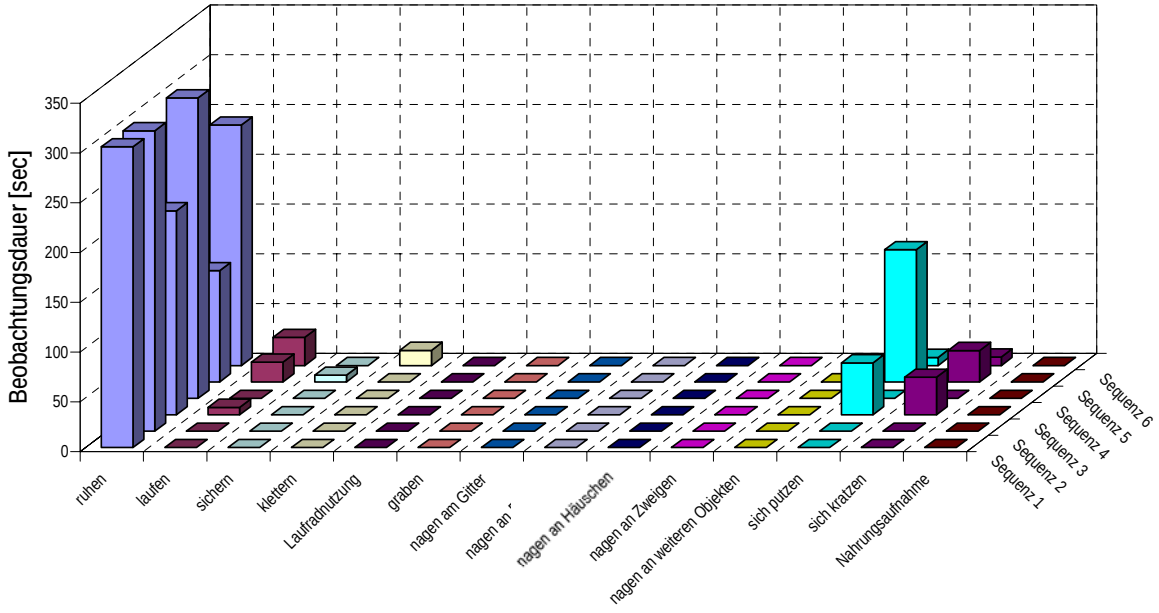
Grafik 67: registrierte Verhaltensweisen der Versuchstiere 115-8 (am 326. Lebenstag) und 89-16 (am 332. Lebenstag).





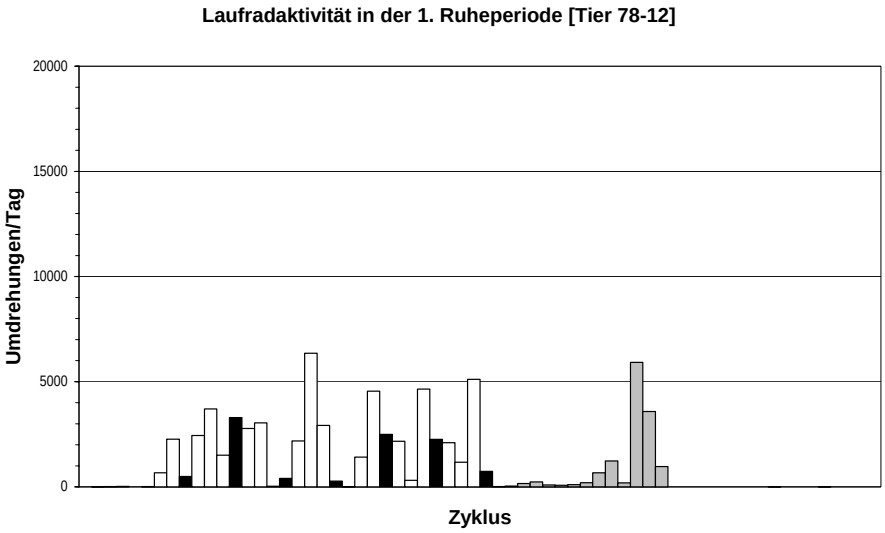
Grafik 68: registrierte Verhaltensweisen der Versuchstiere 116-18 (am 333. Lebenstag) und 111-19 (am 333. Lebenstag).



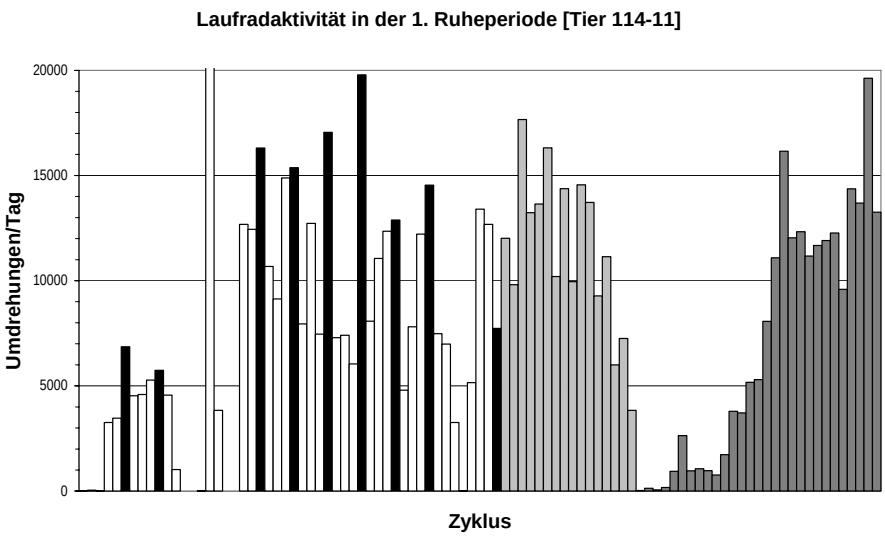


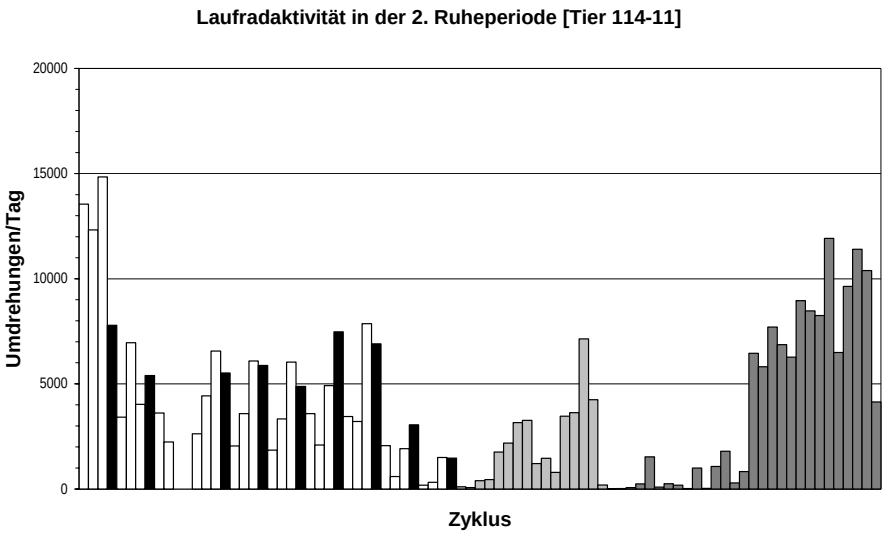
Grafik 69: registrierte Verhaltensweisen der Versuchstiere 96-4 (am 354. Lebenstag) und 87-5 (am 354. Lebenstag).

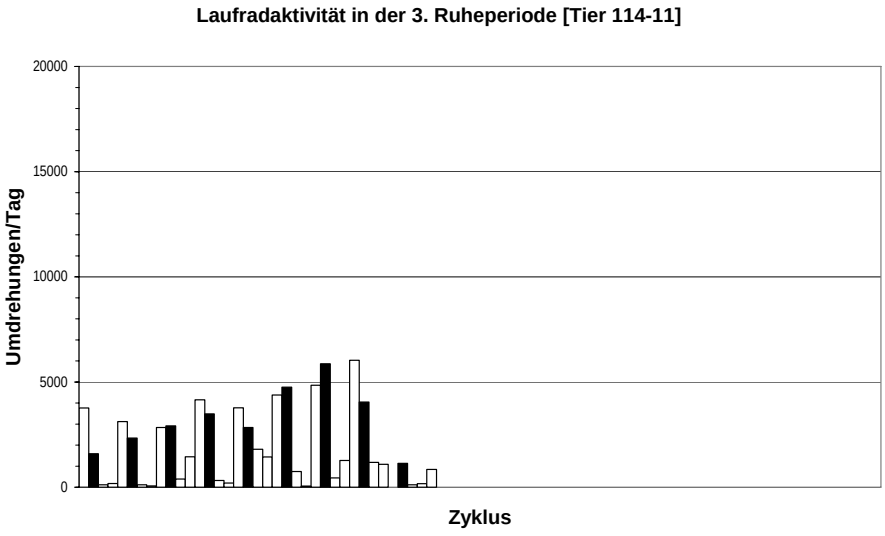
7.3 Laufradaktivität



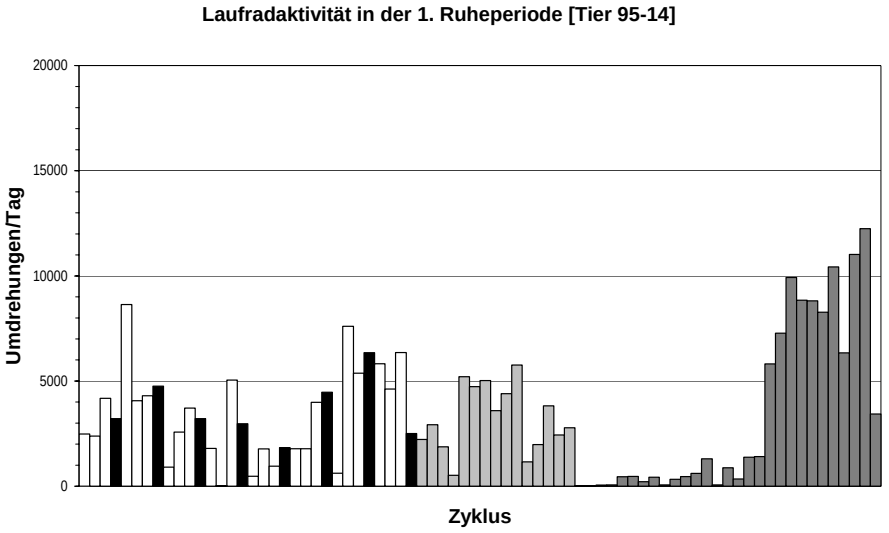
Grafik 70: Laufradaktivität von Versuchstier 78-12 zwischen 26.11.2001 und 14.02.2002.
Weiss: Ruheperiode; Schwarz: errechnete Östri; Hellgrau: Gravidität; Dunkelgrau: Laktation.

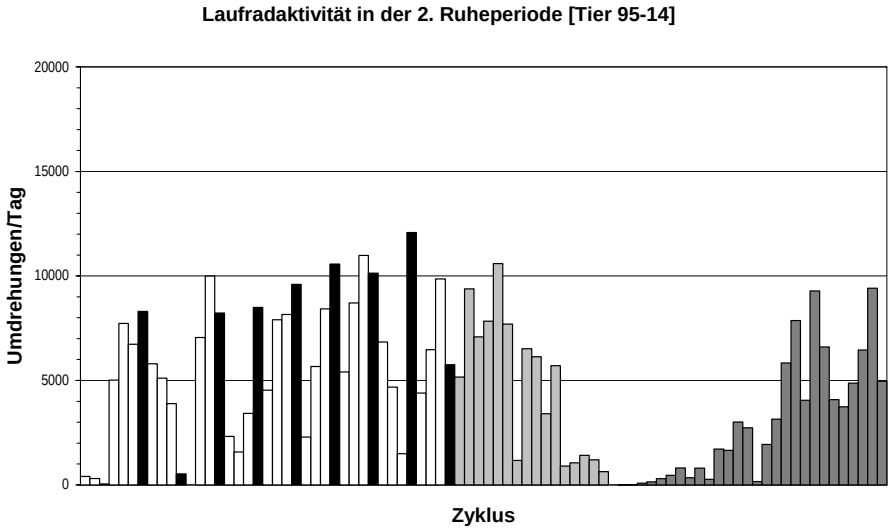


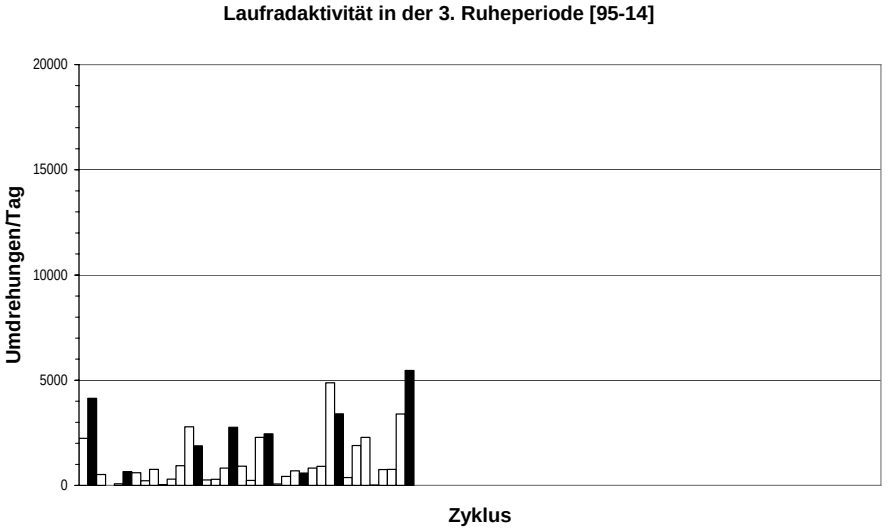




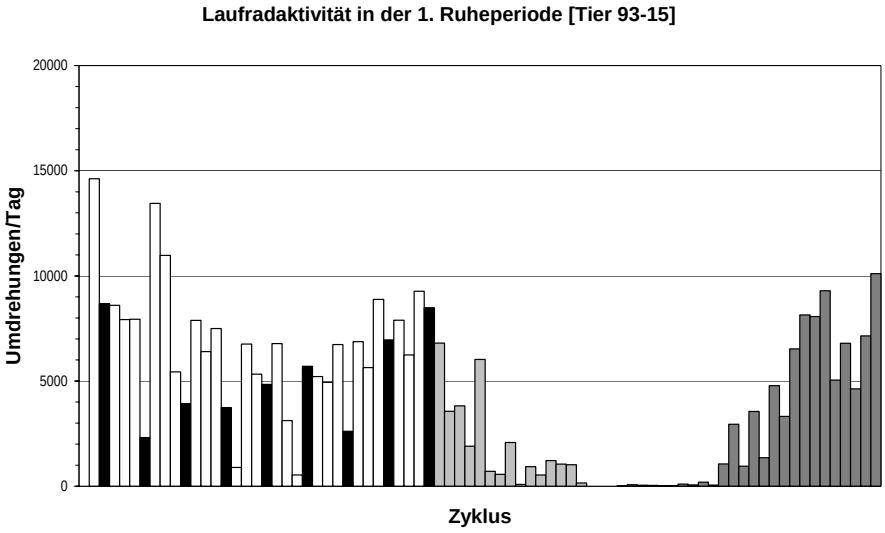
Grafik 6: Laufradaktivität von Versuchstier 114-11 zwischen 26.11.2001 und 01.07.2002.
Weiss: Ruheperiode; Schwarz: errechnete Östri; Hellgrau: Gravidität; Dunkelgrau: Laktation.

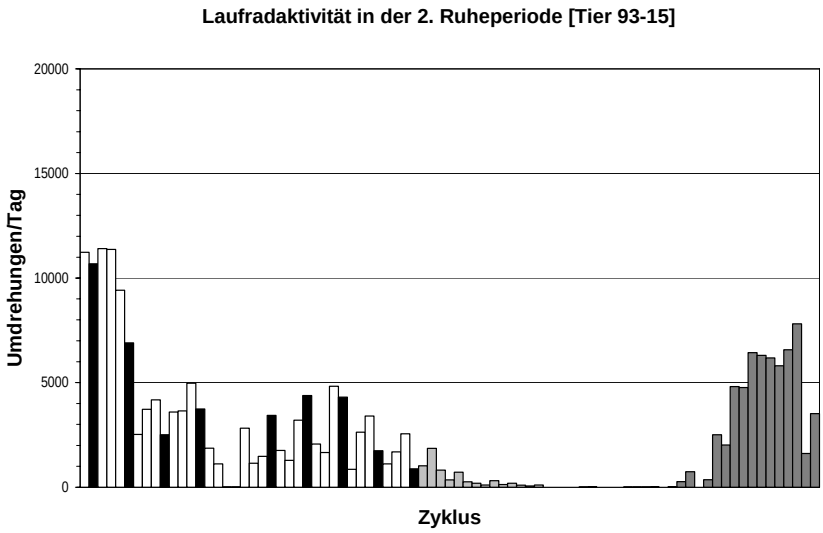


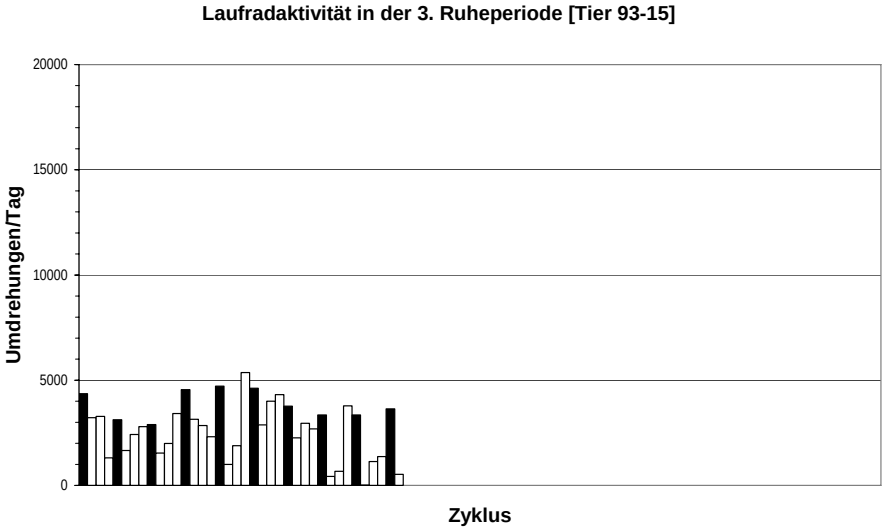




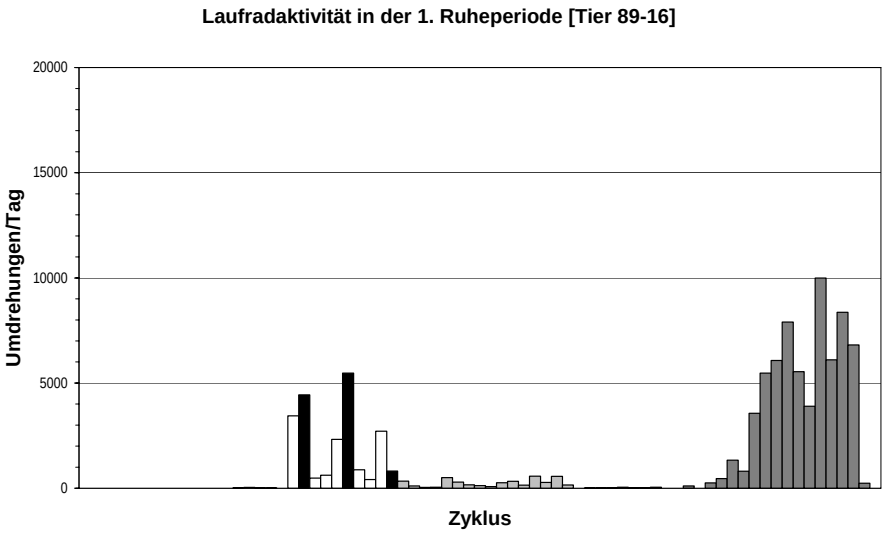
Grafik 71: Laufradaktivität von Versuchstier 95-14 zwischen 26.11.2001 und 01.07.2002.
Weiss: Ruheperiode; Schwarz: errechnete Östri; Hellgrau: Gravidität; Dunkelgrau: Laktation.

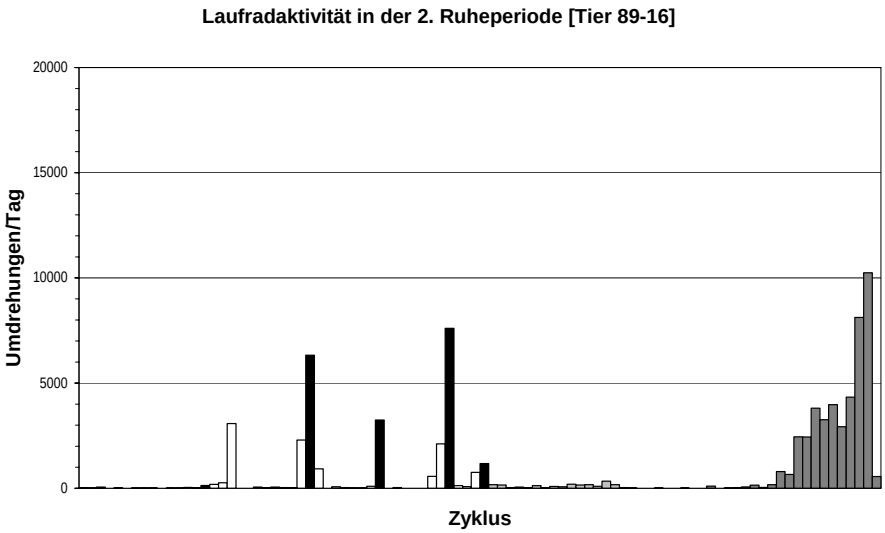


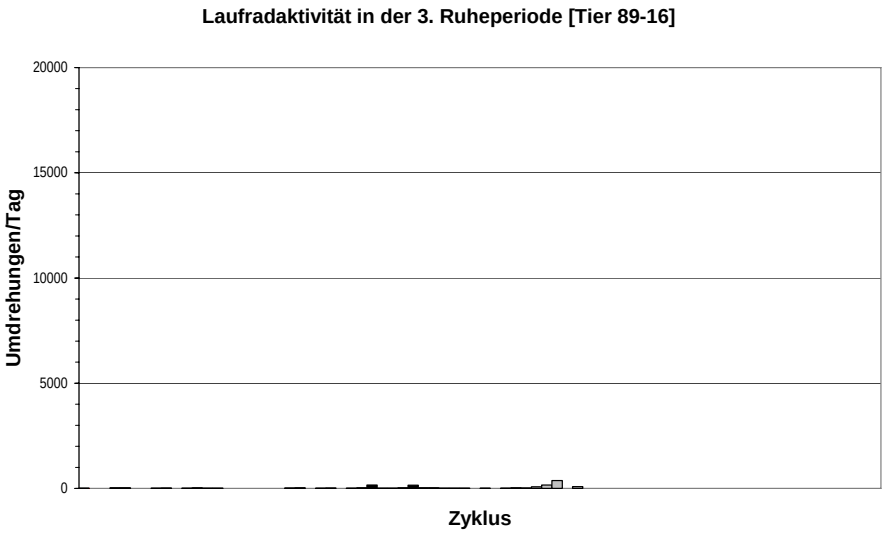




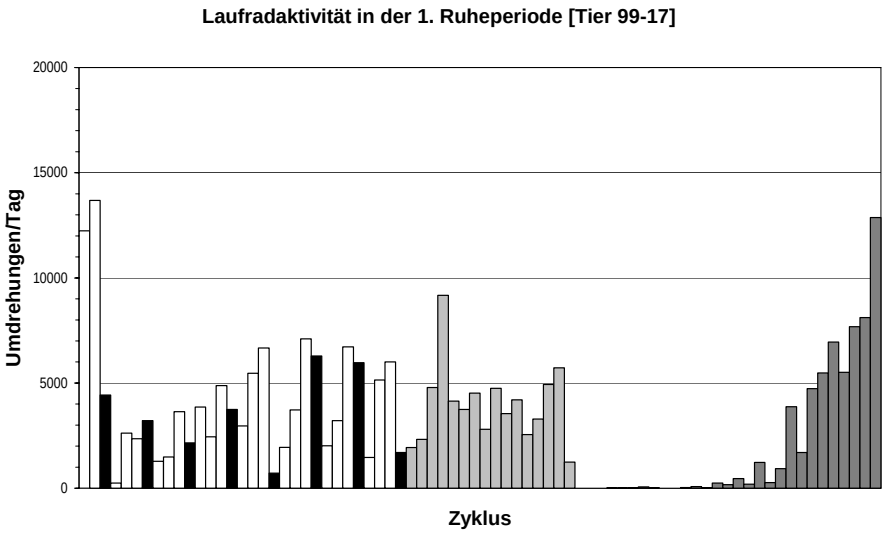
Grafik 72: Laufradaktivität von Versuchstier 93-15 zwischen 26.11.2001 und 01.07.2002.
Weiss: Ruheperiode; Schwarz: errechnete Östri; Hellgrau: Gravidität; Dunkelgrau: Laktation.

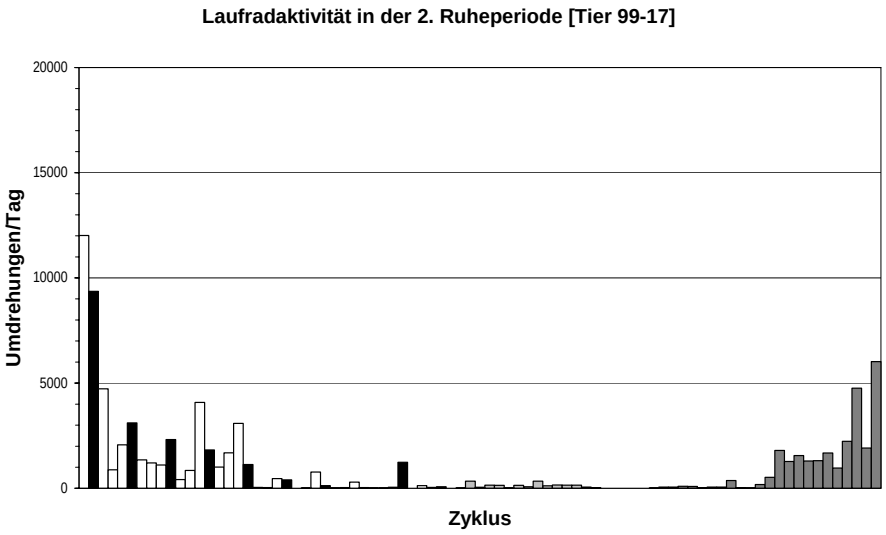


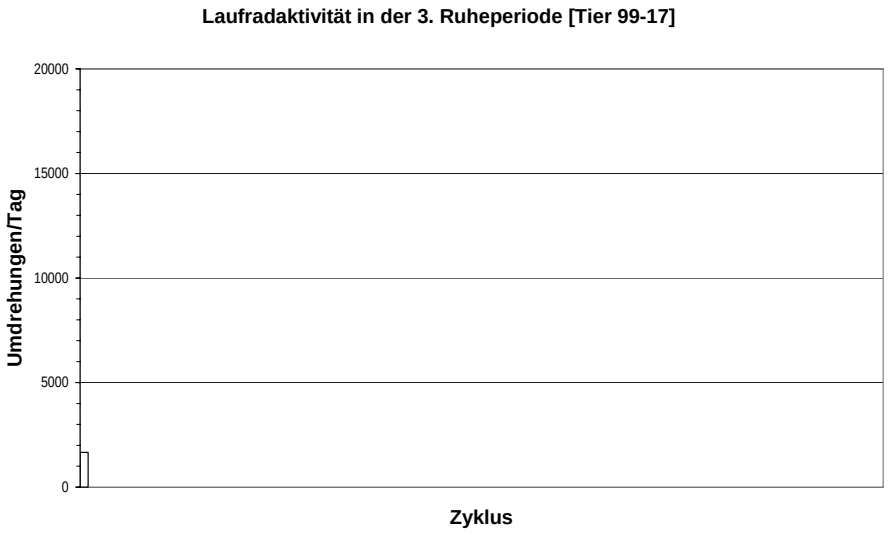




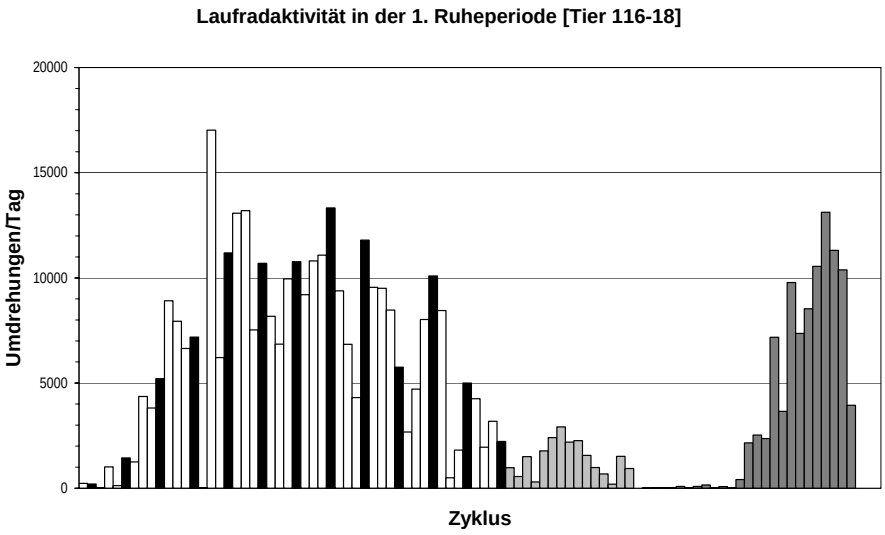
Grafik 73: Laufradaktivität von Versuchstier 89-16 zwischen 26.11.2001 und 01.07.2002.
Weiss: Ruheperiode; Schwarz: errechnete Östri; Hellgrau: Gravidität; Dunkelgrau: Laktation.

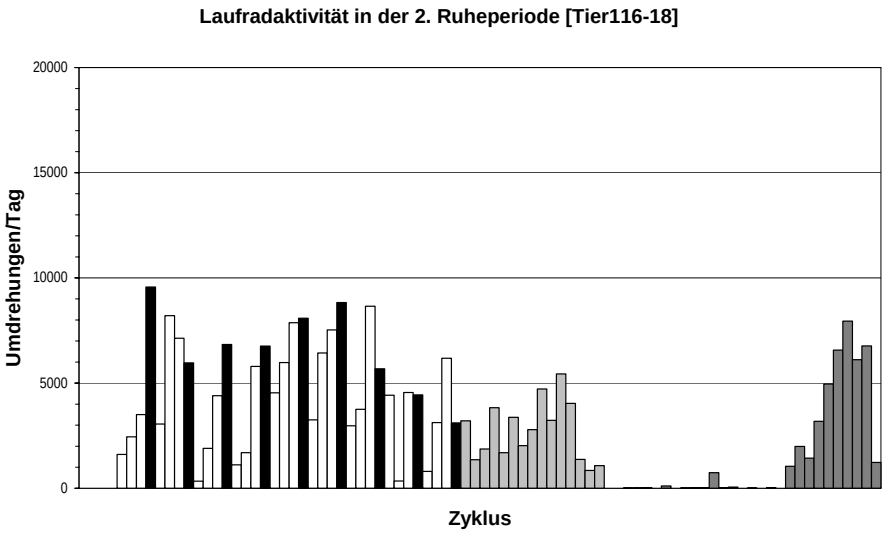


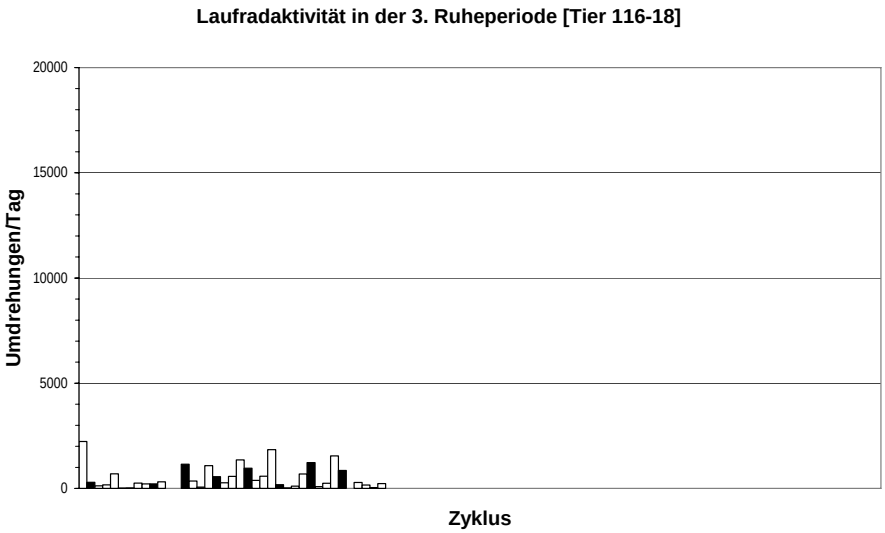




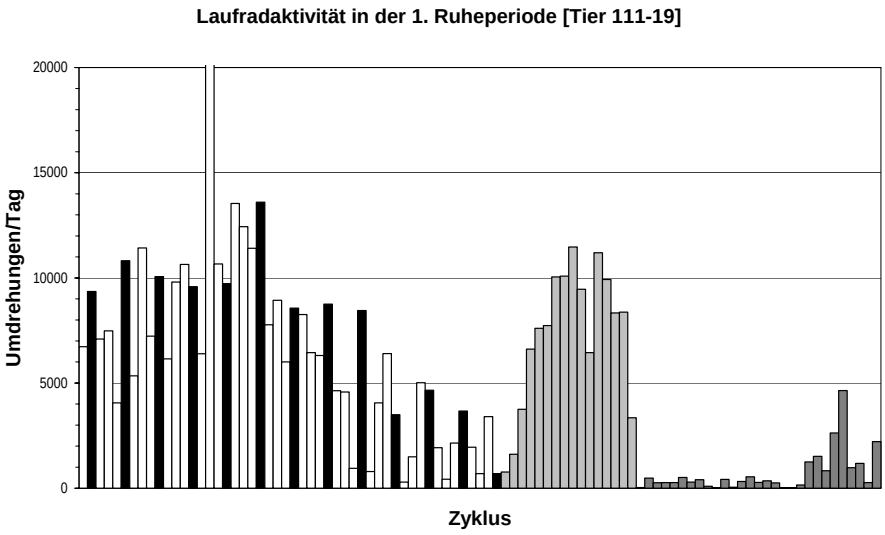
Grafik 74: Laufradaktivität von Versuchstier 99-17 zwischen 26.11.2001 und 01.07.2002.
Weiss: Ruheperiode; Schwarz: errechnete Östri; Hellgrau: Gravidität; Dunkelgrau: Laktation.

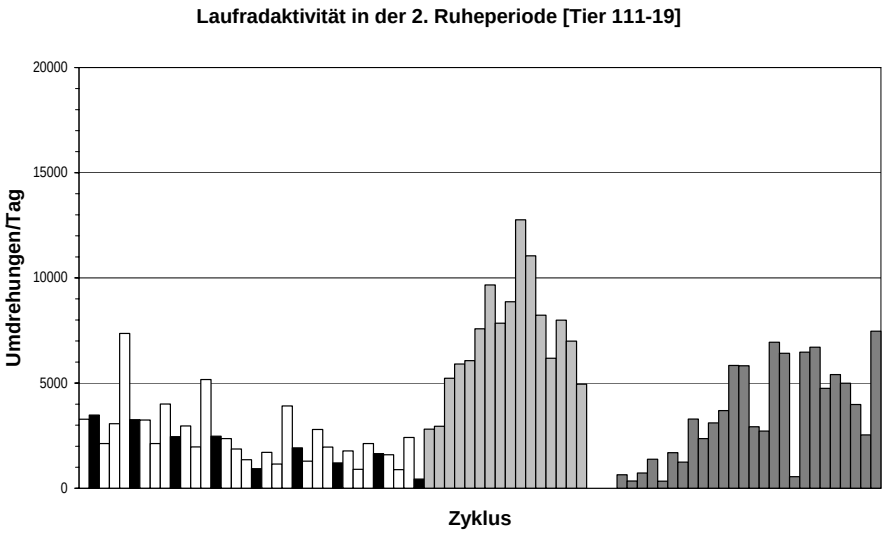


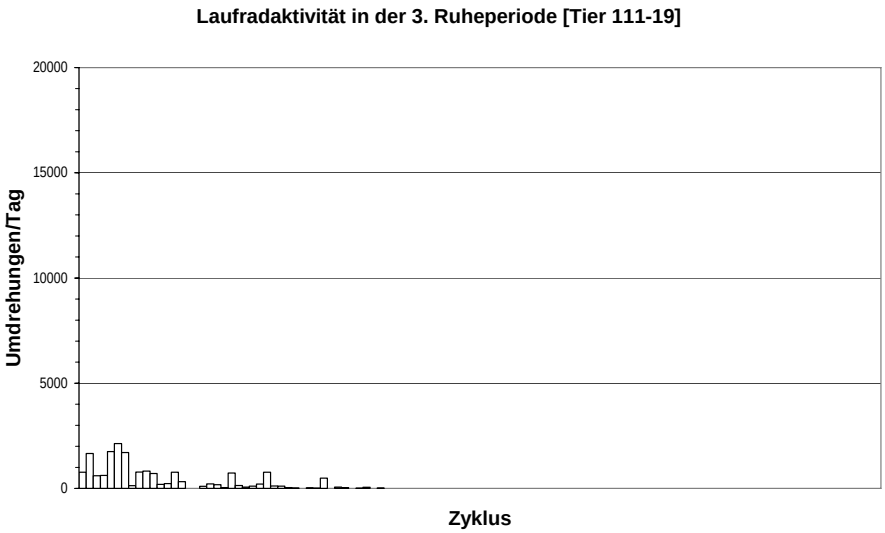




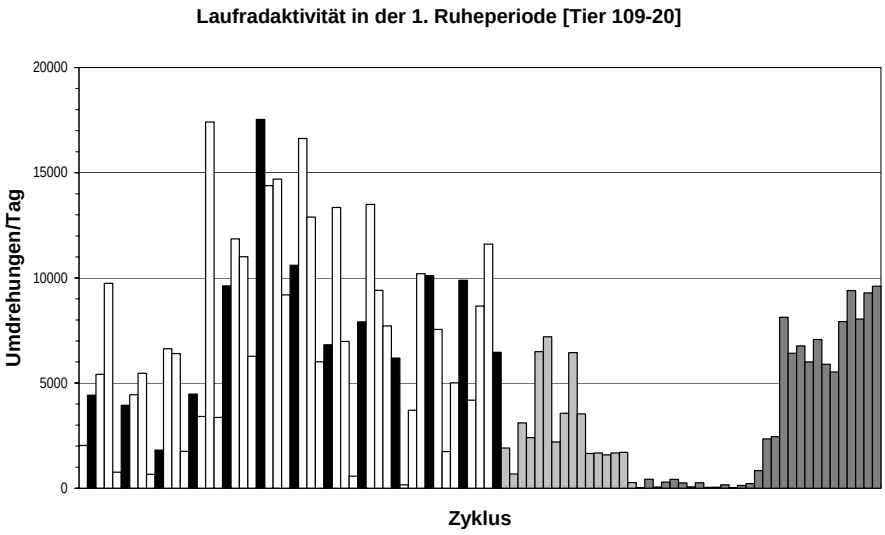
Grafik 75: Laufradaktivität von Versuchstier 116-18 zwischen 26.11.2001 und 01.07.2002.
Weiss: Ruheperiode; Schwarz: errechnete Östri; Hellgrau: Gravidität; Dunkelgrau: Laktation.

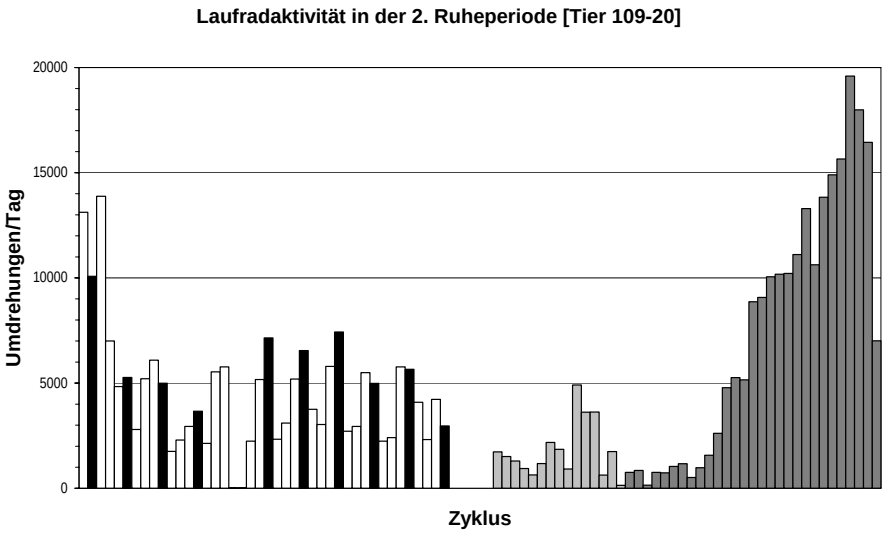


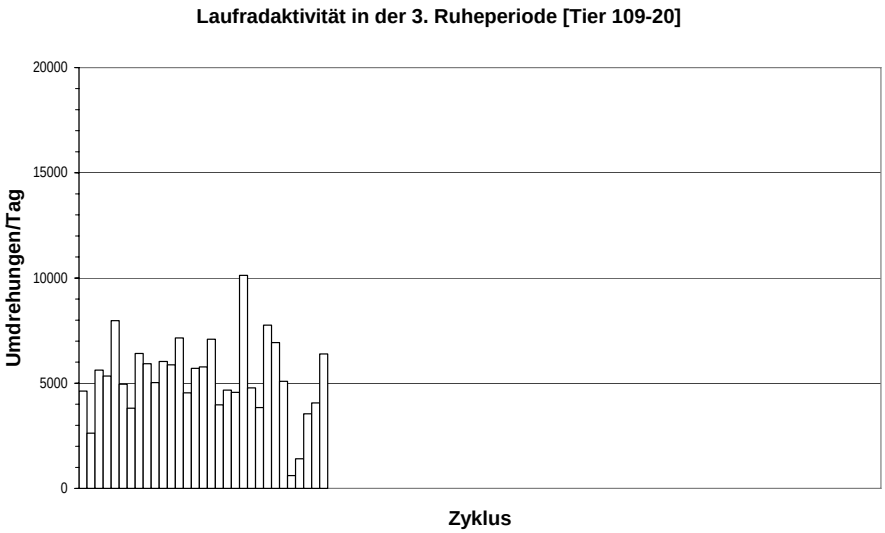




Grafik 76: Laufradaktivität von Versuchstier 111-19 zwischen 26.11.2001 und 01.07.2002.
Weiss: Ruheperiode; Schwarz: errechnete Östri; Hellgrau: Gravidität; Dunkelgrau: Laktation.

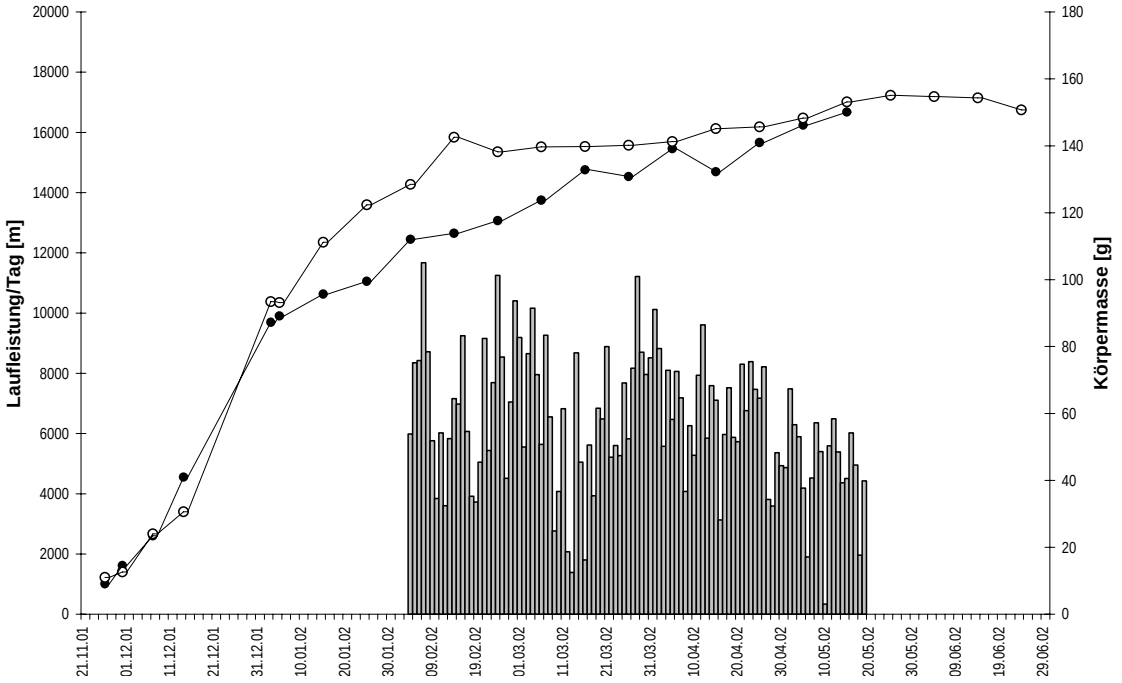




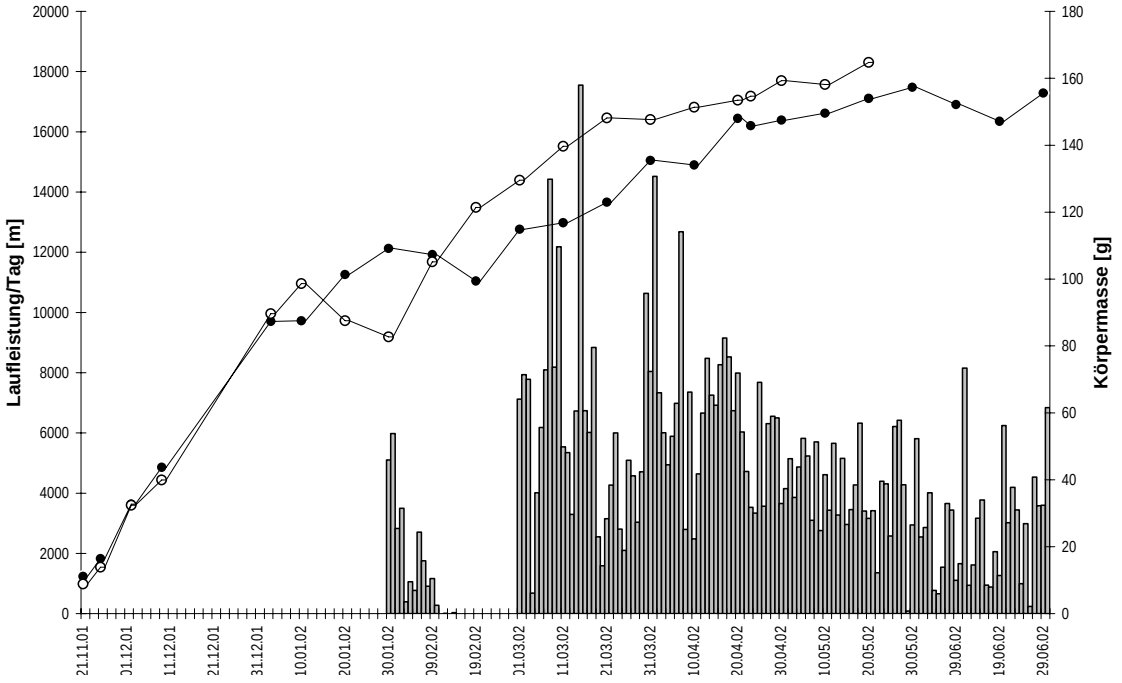


Grafik 77: Laufradaktivität von Versuchstier 109-20 zwischen 26.11.2001 und 01.07.2002.
Weiss: Ruheperiode; Schwarz: errechnete Östri; Hellgrau: Gravidität; Dunkelgrau: Laktation.

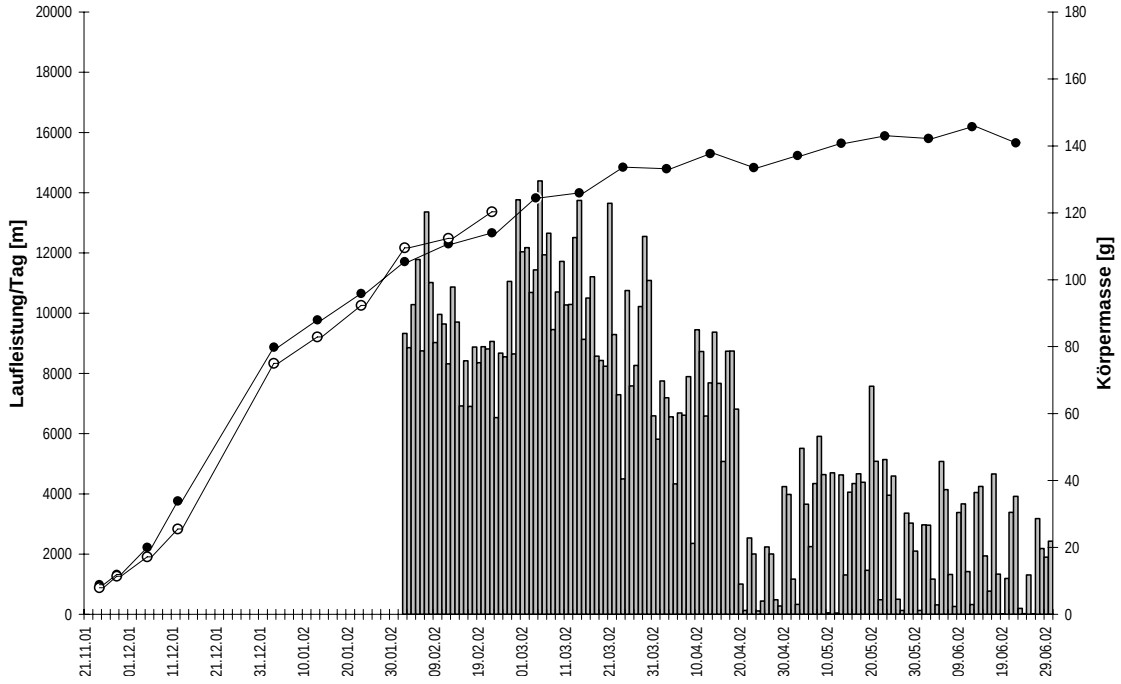
7.4 Bezug zwischen Körpergewichtsentwicklung und Laufradleistung



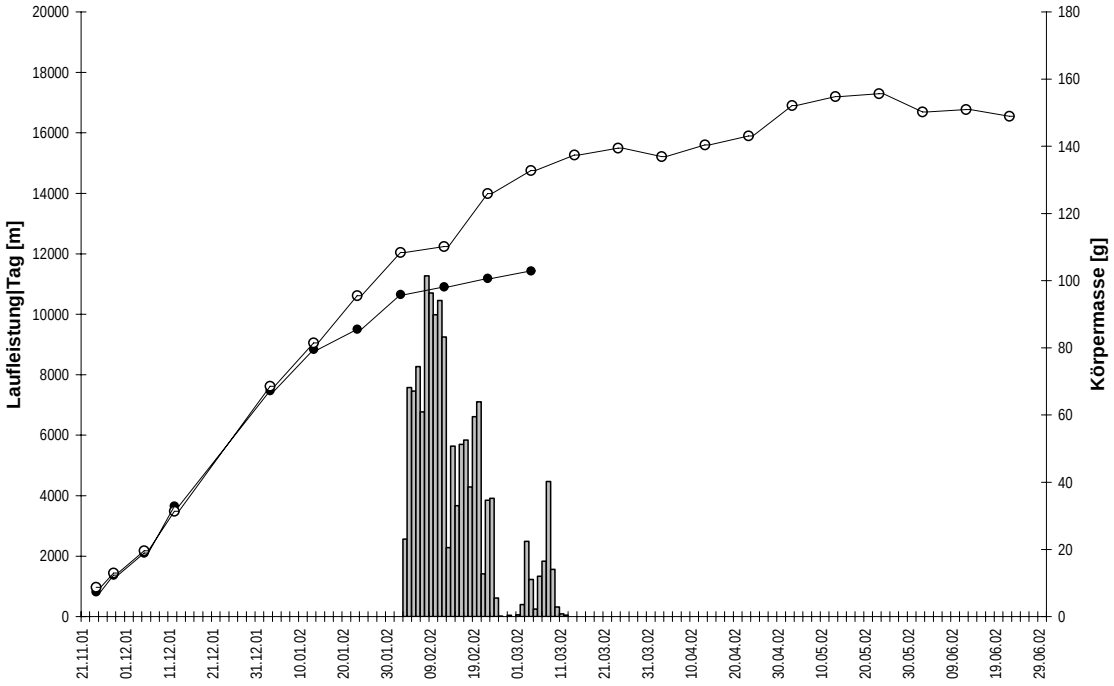
Grafik 10: Körpergewichtsvergleich der beiden Schwesterntiere 245-31 (mit Laufrad) und 249-32 (mit Attrappe) in Bezug auf die Laufradaktivität.
Säulen: Laufleistung [m] des Versuchstieres 245-31 zwischen 04.02.2002 und 23.05.2002; Schwarze Markierungen: Körpergewicht 245-31; Weisse Markierungen: Körpergewicht 249-32.



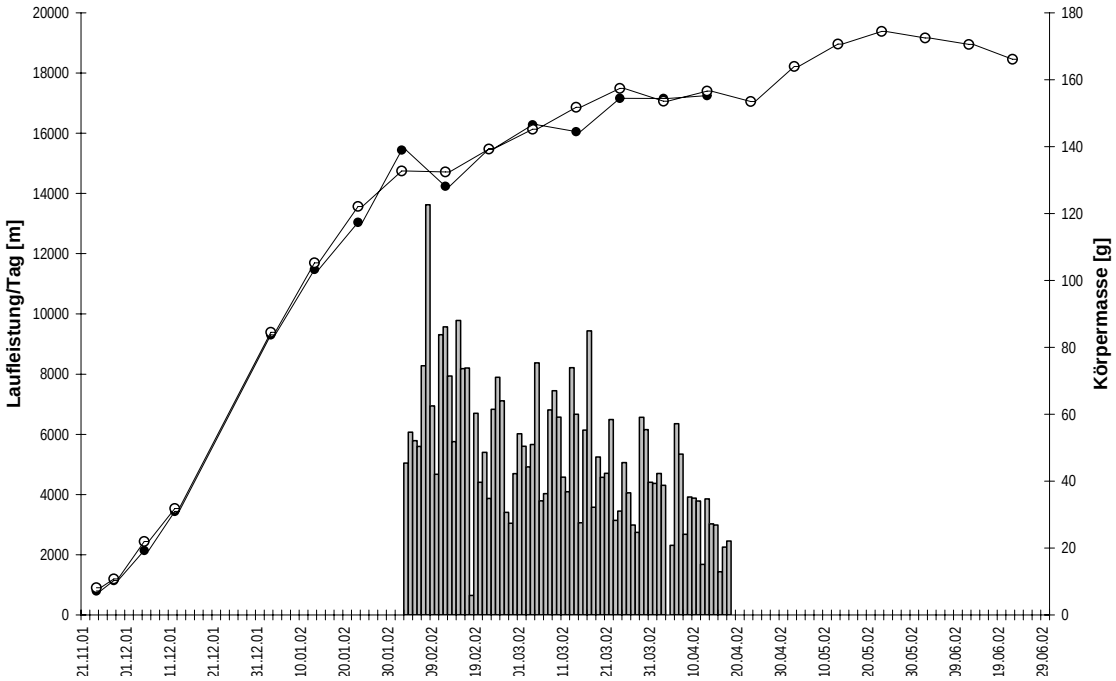
Grafik 78: Körpergewichtsvergleich der beiden Schwesterntiere 218-33 (mit Laufrad) und 220-34 (mit Attrappe) in Bezug auf die Laufradaktivität.
Säulen: Laufleistung [m] des Versuchstieres 218-33 zwischen 30.01.2002 und 30.06.2002; Schwarze Markierungen: Körpergewicht 218-33; Weisse Markier.: Körpergewicht 220-34.



Grafik 79: Körpergewichtsvergleich der beiden Schwesterntiere 221-35 (mit Laufrad) und 231-36 (mit Attrappe) in Bezug auf die Laufradaktivität.
Säulen: Laufleistung [m] des Versuchstieres 221-35 zwischen 02.02.2002 und 30.06.2002; Schwarze Markierungen: Körpergewicht 221-35; Weisse Markierungen: Körpergewicht 231-36.

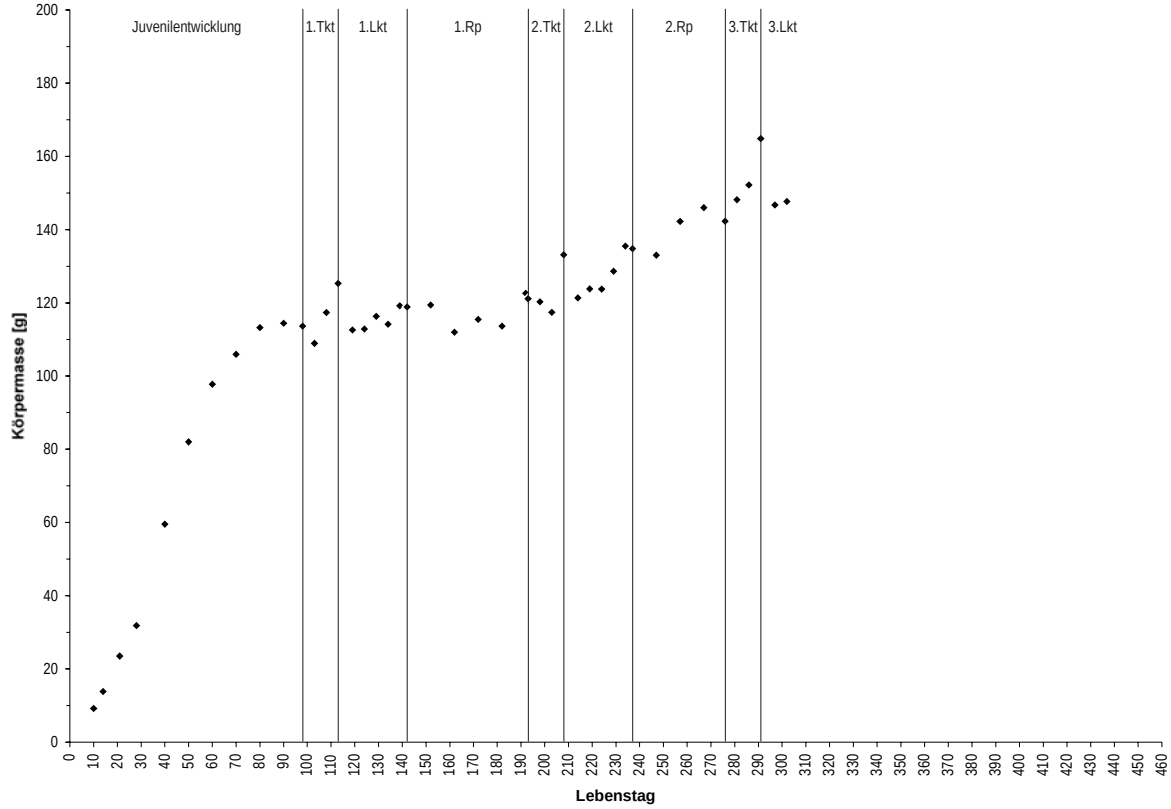


Grafik 80: Körpergewichtsvergleich der beiden Schwesterntiere 222-37 (mit Laufrad) und 224-38 (mit Attrappe) in Bezug auf die Laufradaktivität.
Säulen: Laufleistung [m] des Versuchstieres 222-37 zwischen 03.02.2002 und 13.03.2002; Schwarze Markierungen: Körpergewicht 222-37; Weisse Markierungen: Körpergewicht 224-38.

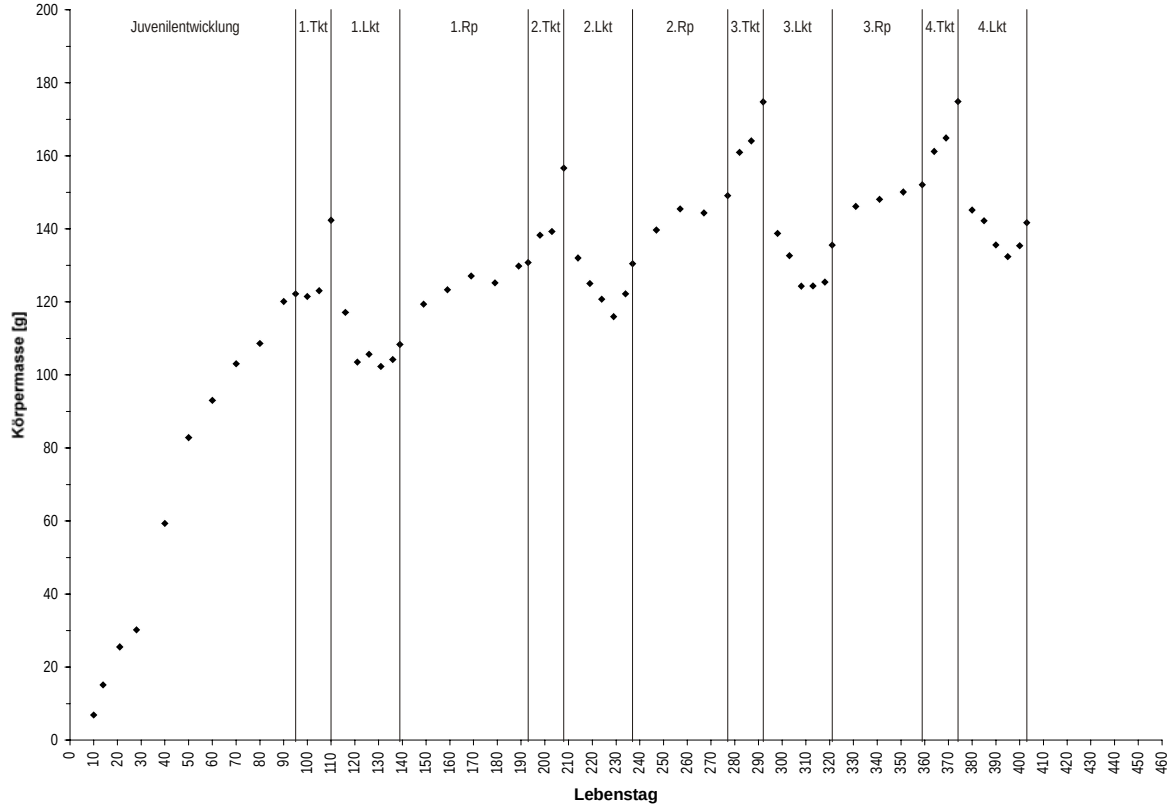


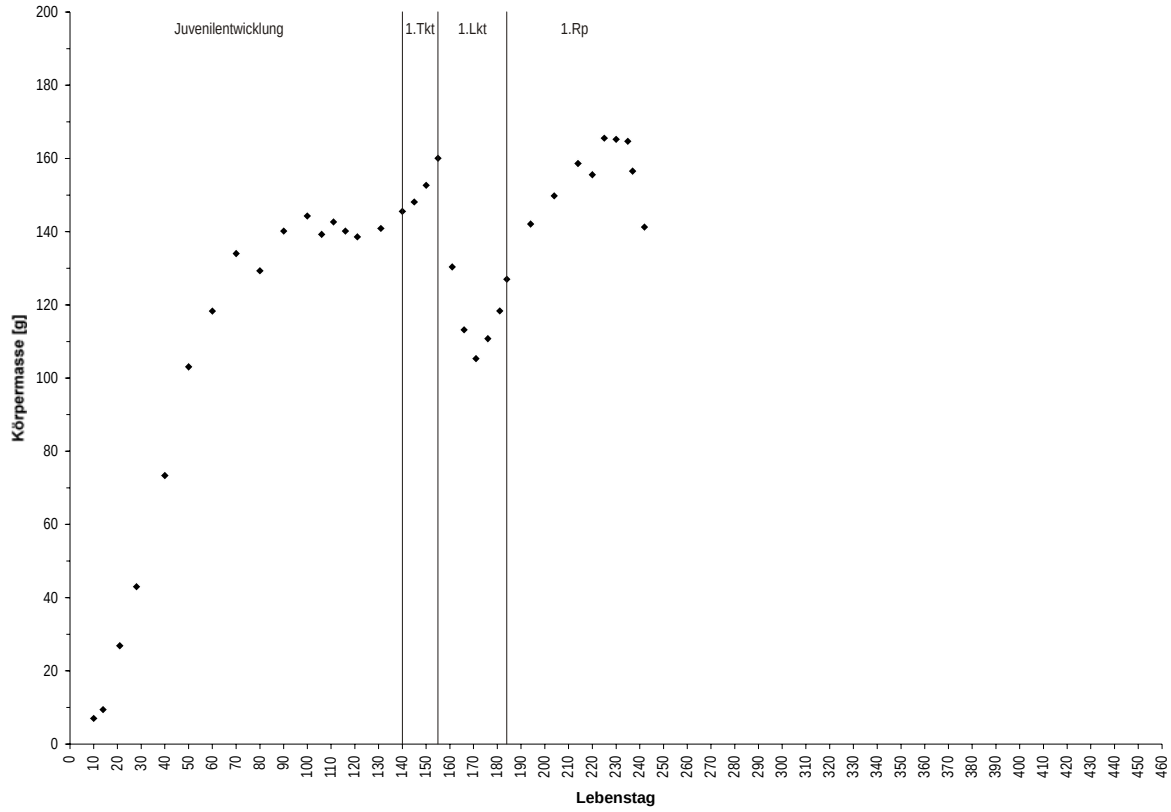
Grafik 81: Körpergewichtsentwicklung der beiden Schwesterntiere 241-39 (mit Laufrad) und 239-40 (mit Attrappe) in Bezug auf die Laufradleistung.
Säulen: Laufleistung [m] des Versuchstieres 241-39 zwischen 03.02.2002 und 18.04.2002; Schwarze Markierungen: Körpergewicht 241-39; Weisse Markierungen: Körpergewicht 239-40.

7.5 Körpergewichtsentwicklung (reproduktionsbiologischer Teil)

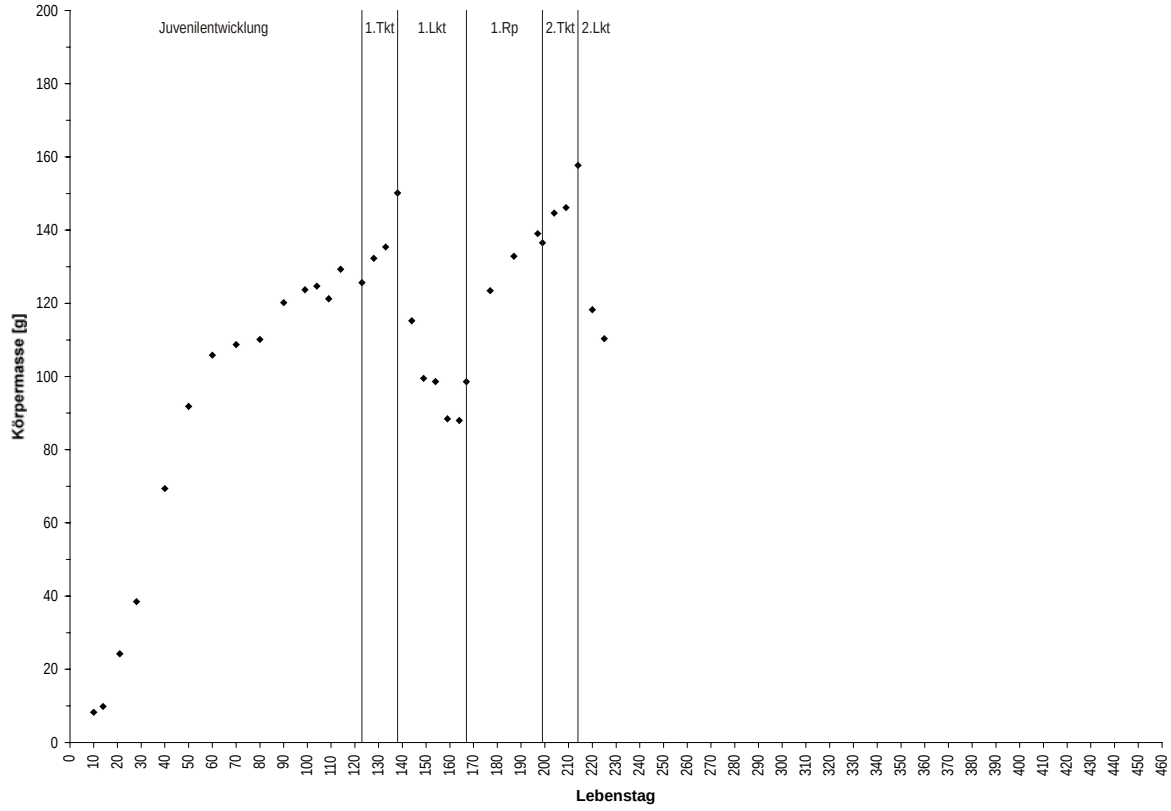


Grafik 82 und 12: Körpergewichtsentwicklung der Schwesterntiere 113-1 (mit Attrappe; oben) und 114-11 (mit Laufrad; unten). Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.

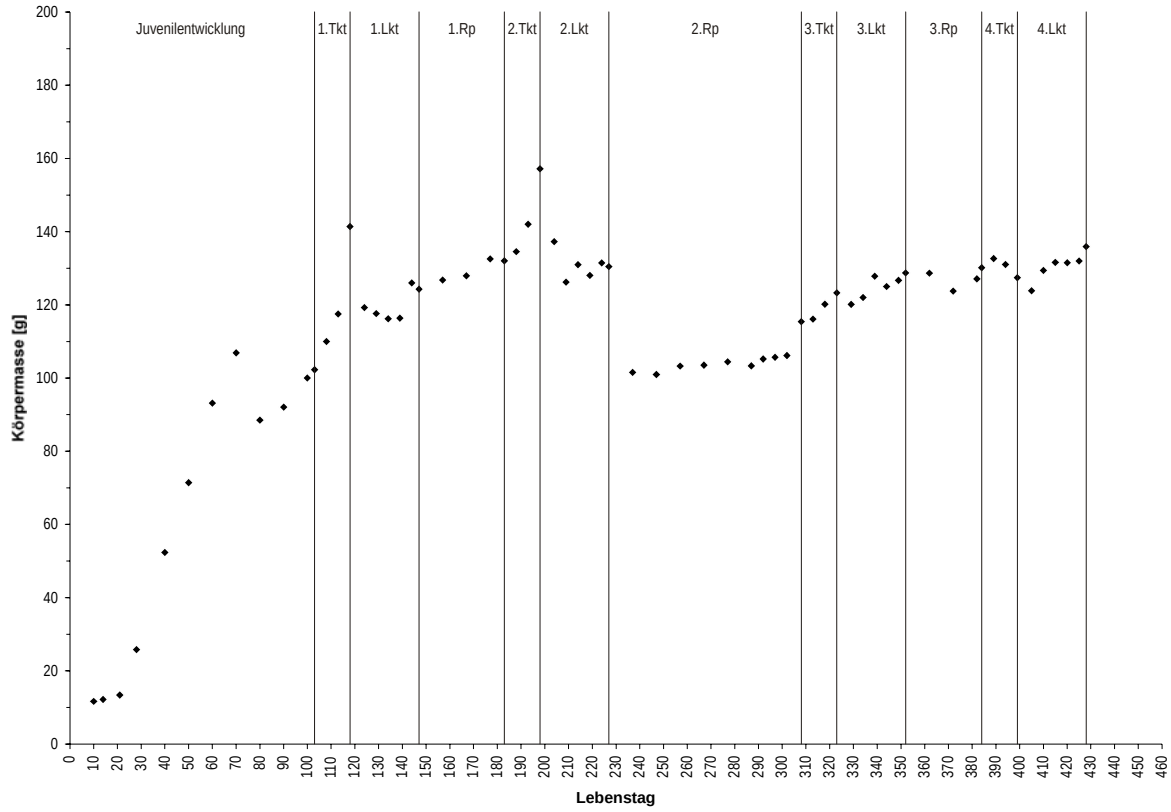




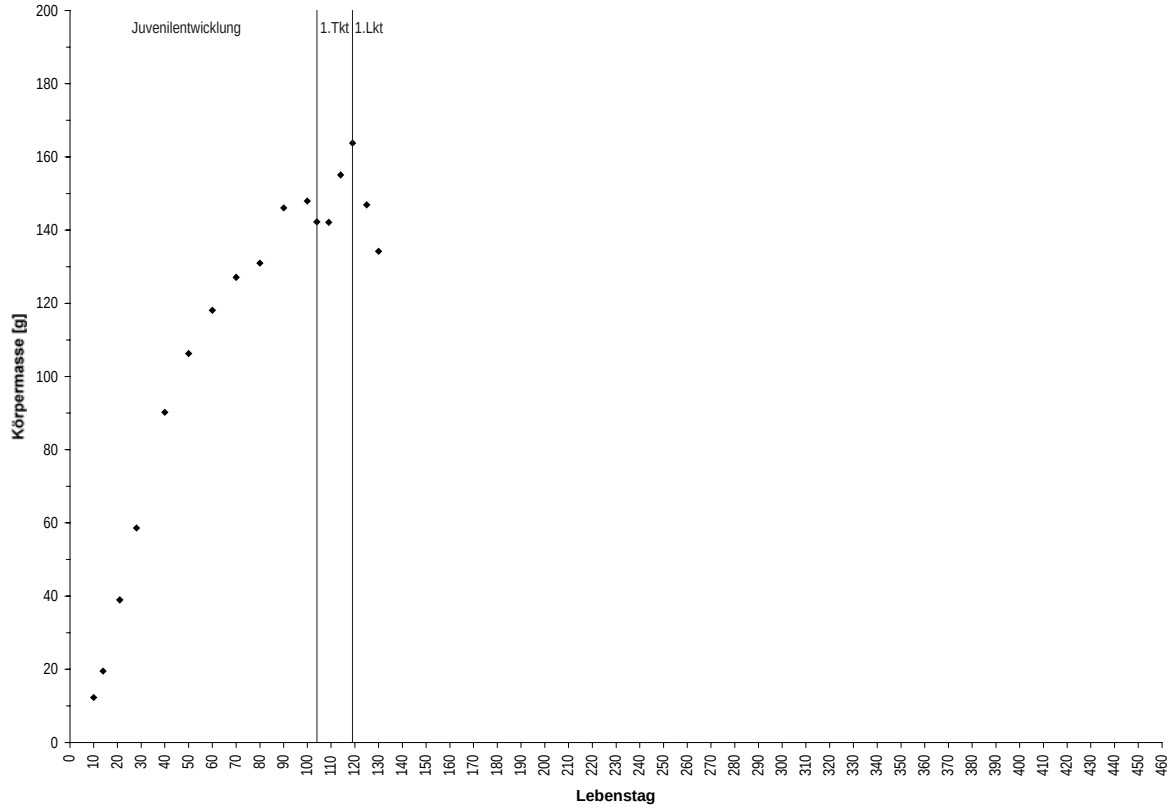
Grafik 83: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 71-2 (mit Attrappe).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.



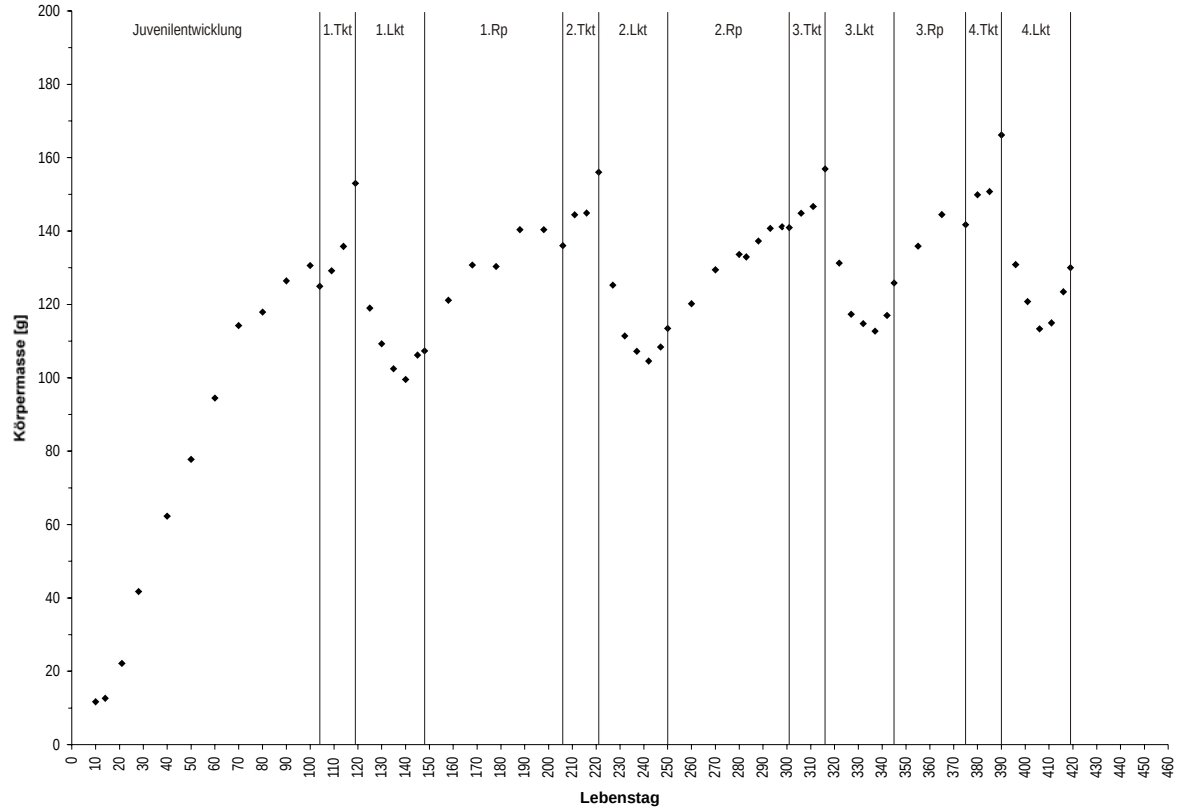
Grafik 84: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 78-12 (mit Laufrad).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.



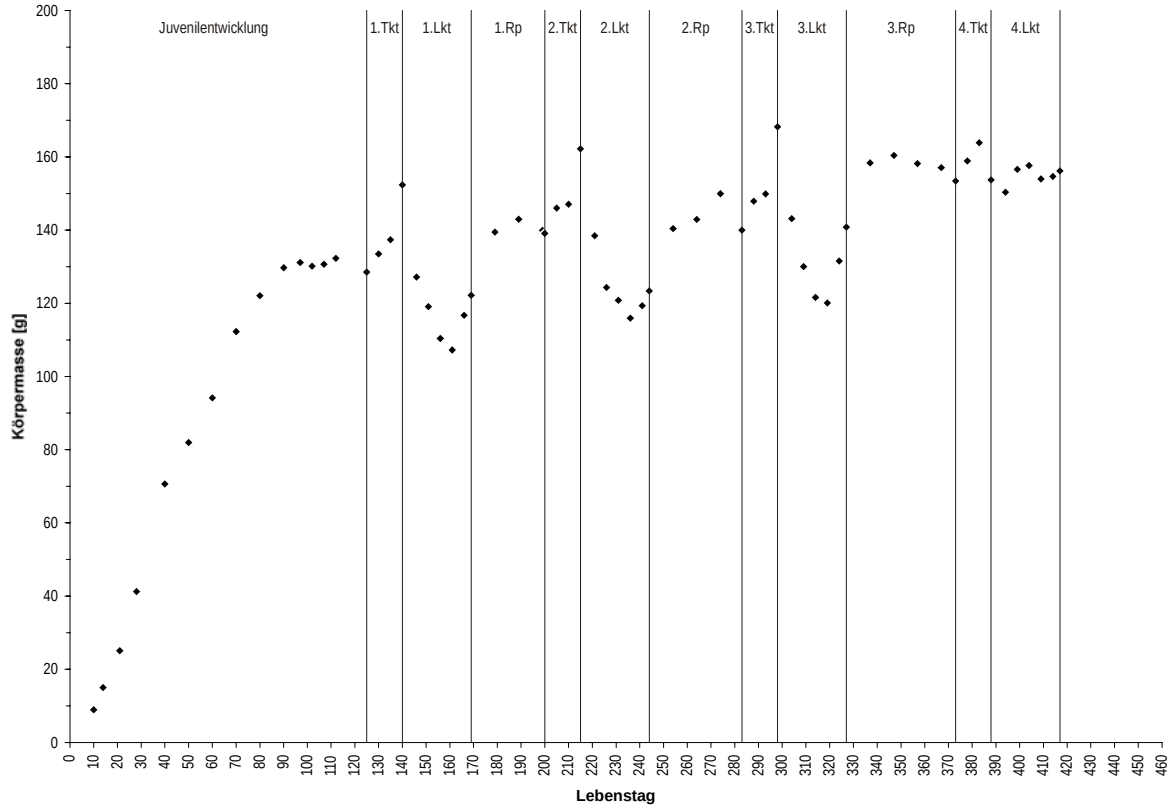
Grafik 85: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 86-3 (mit Attrappe).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.



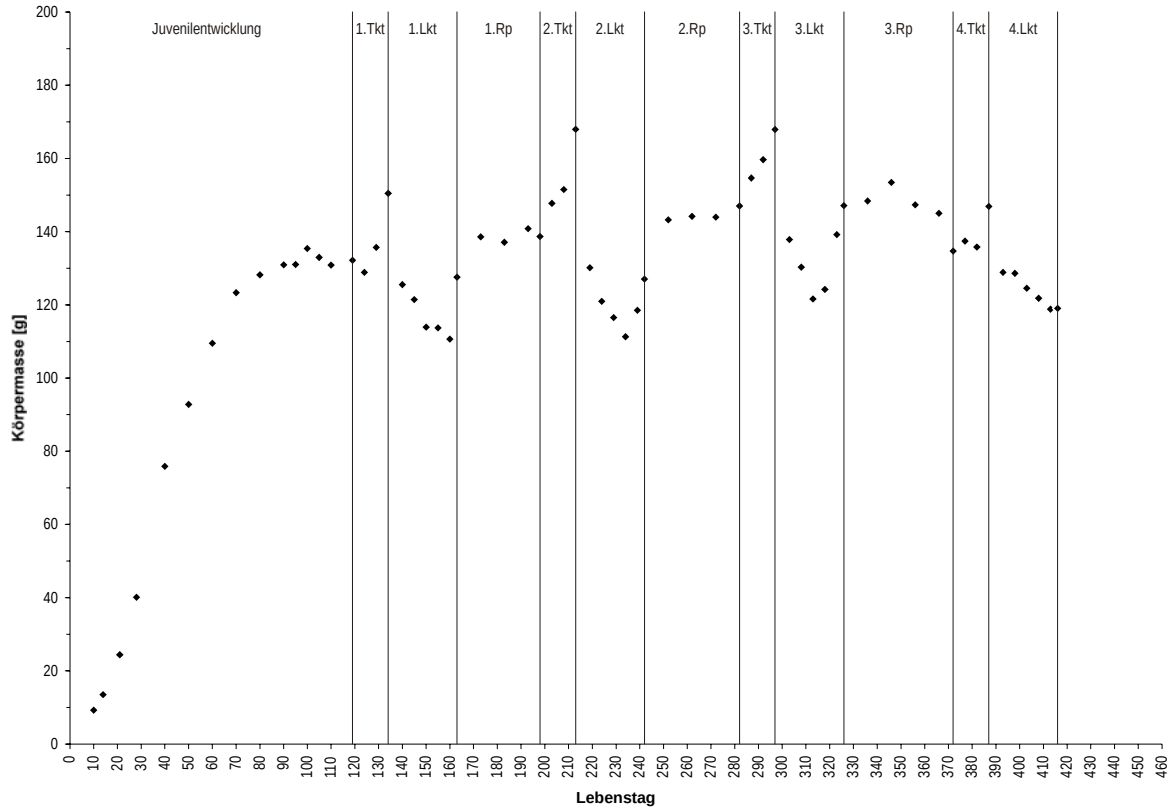
Grafik 86: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 84-13 (mit Laufrad).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.



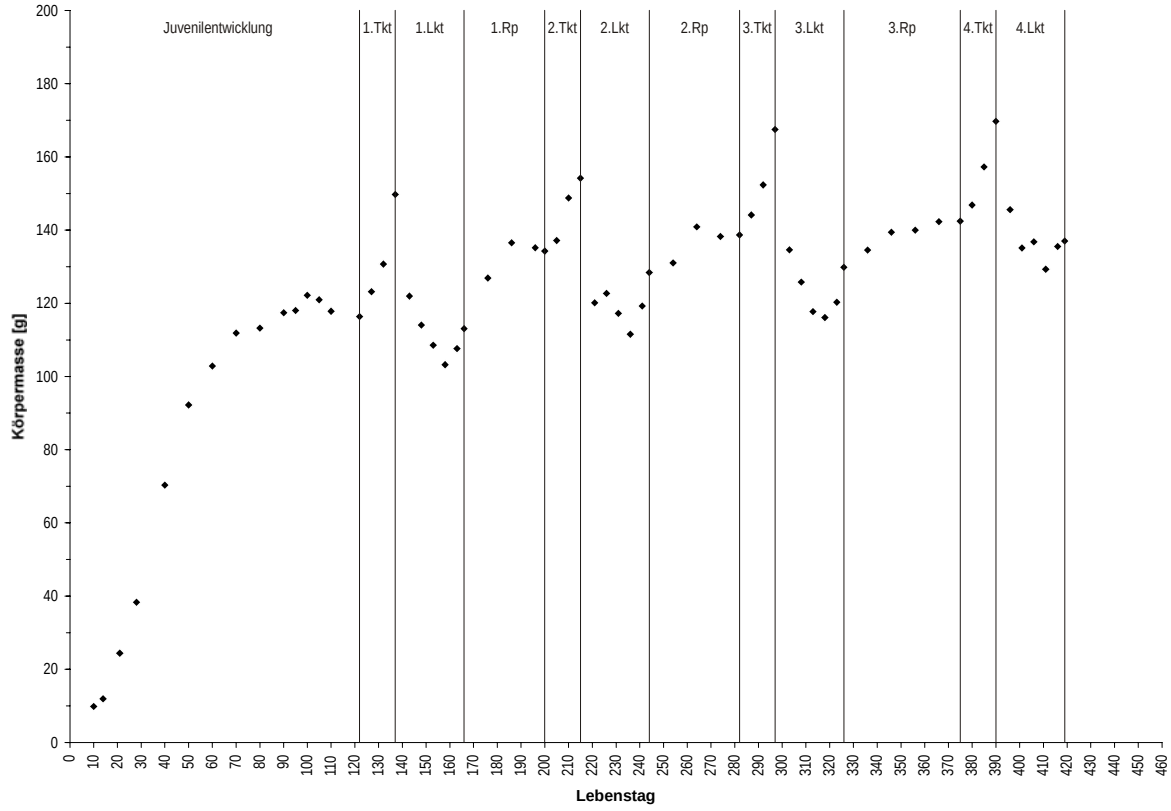
Grafik 87: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 96-4 (mit Attrappe).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.



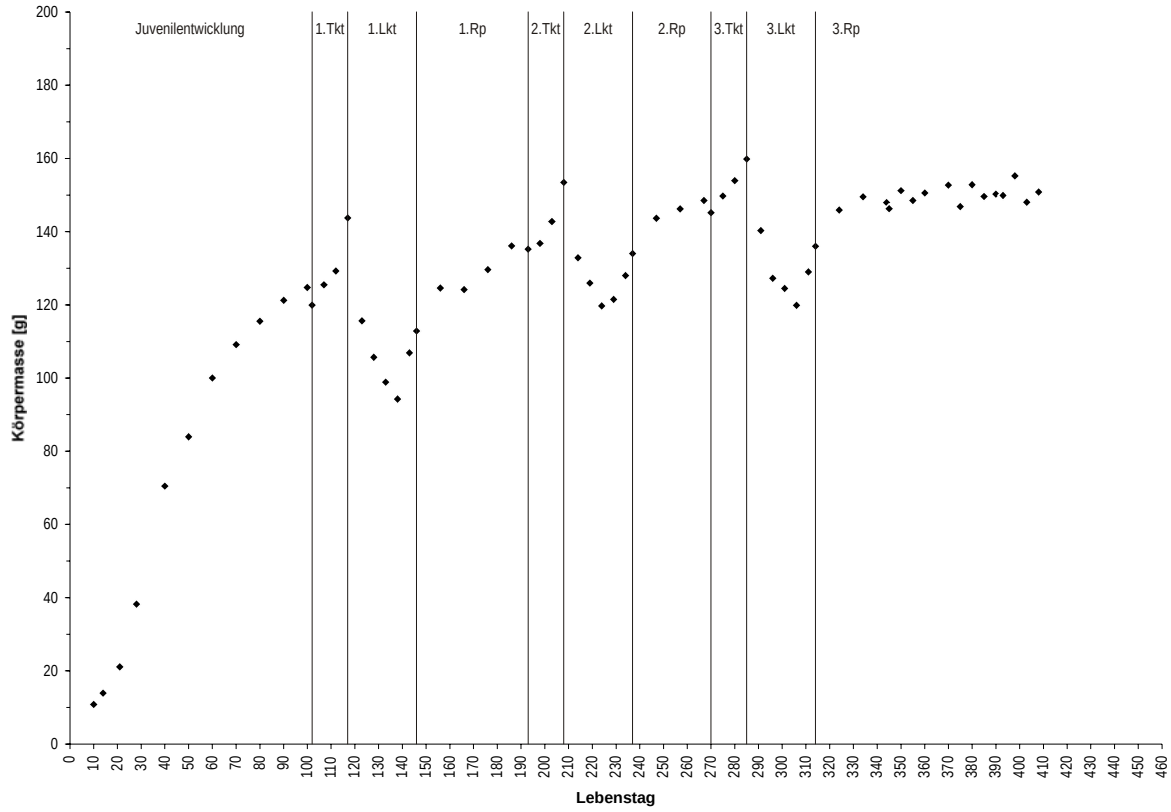
Grafik 88: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 95-14 (mit Laufrad).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.



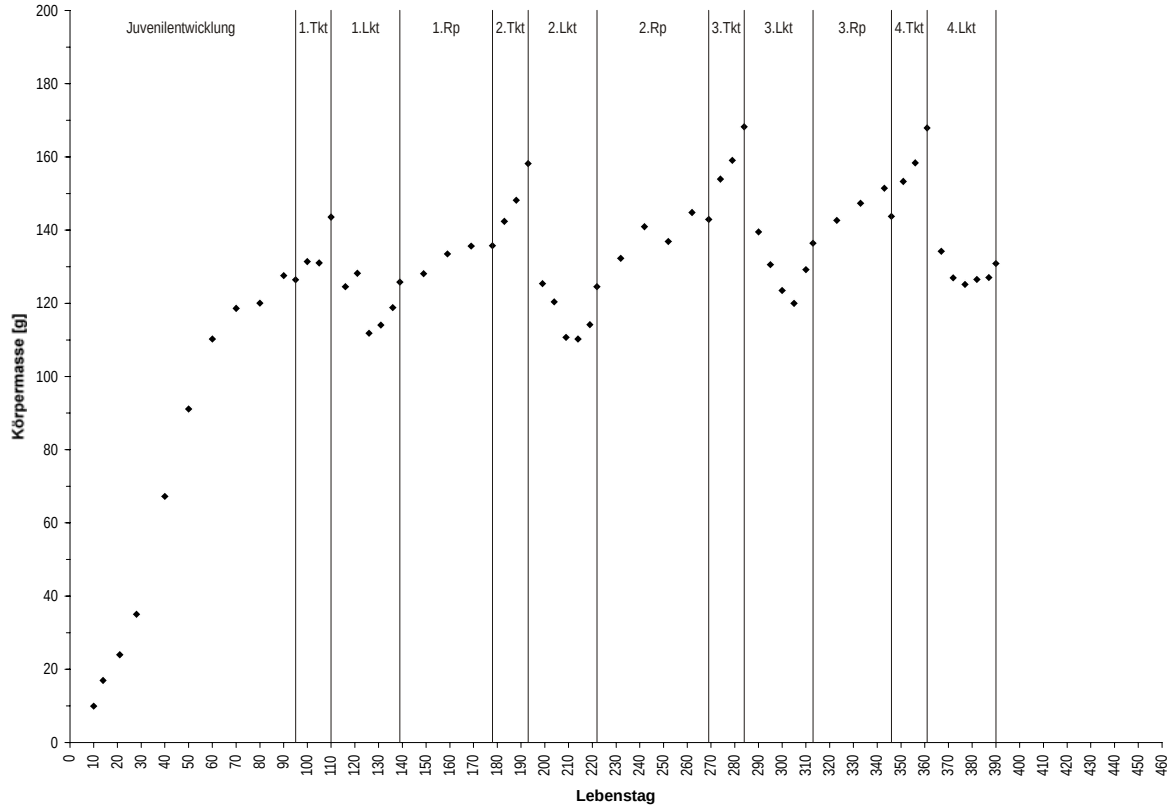
Grafik 89: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 87-5 (mit Attrappe).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.



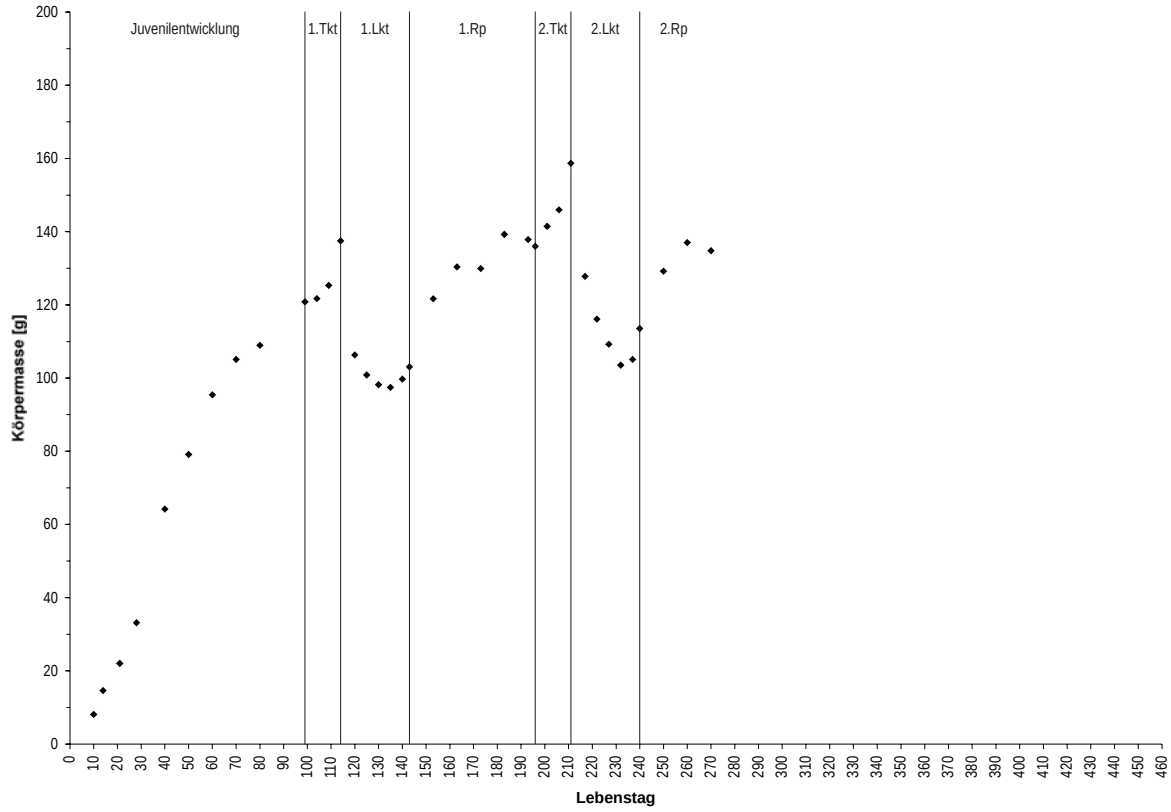
Grafik 90: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 93-15 (mit Laufrad).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.



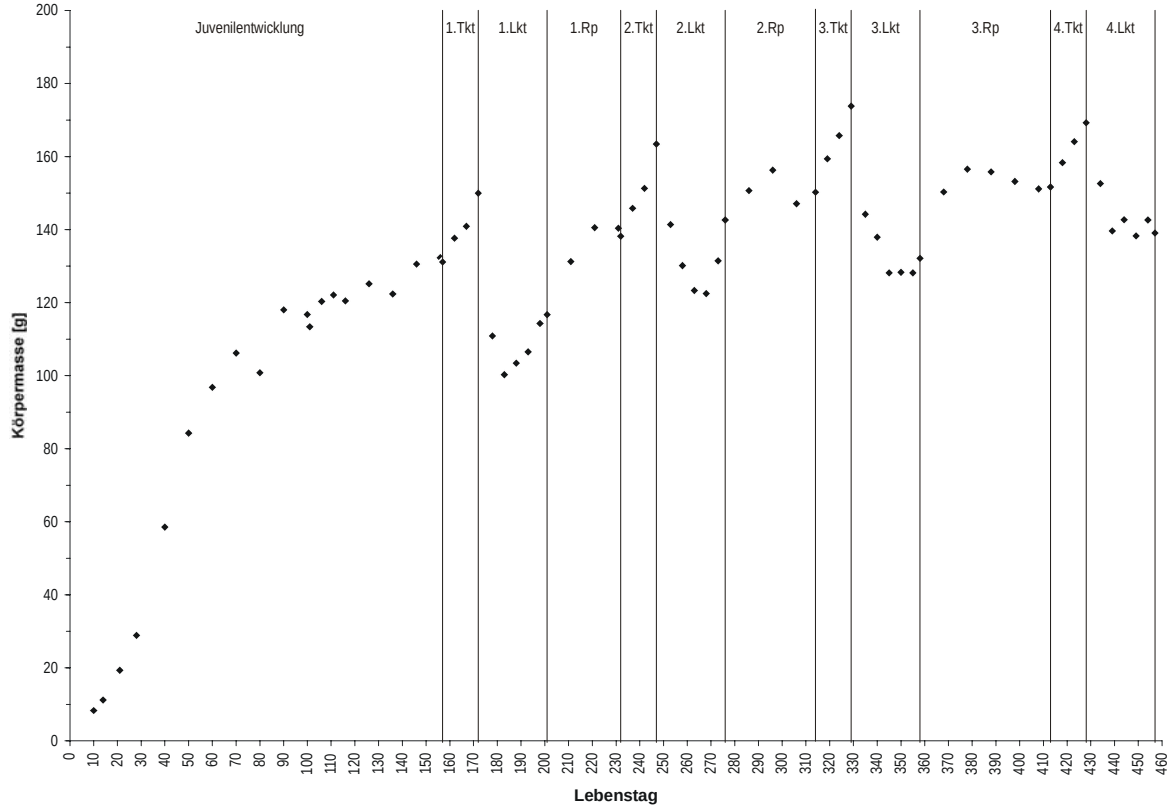
Grafik 91: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 92-6 (mit Attrappe).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.



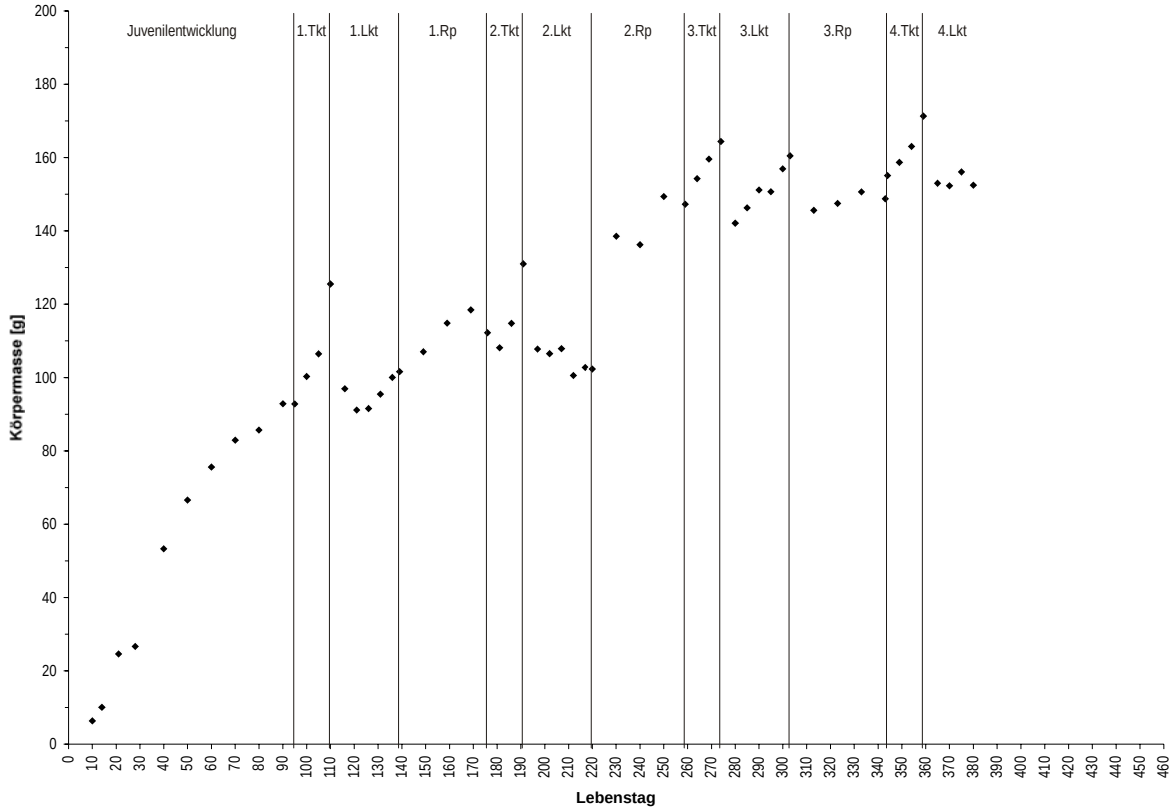
Grafik 92: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 89-16 (mit Laufrad).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.



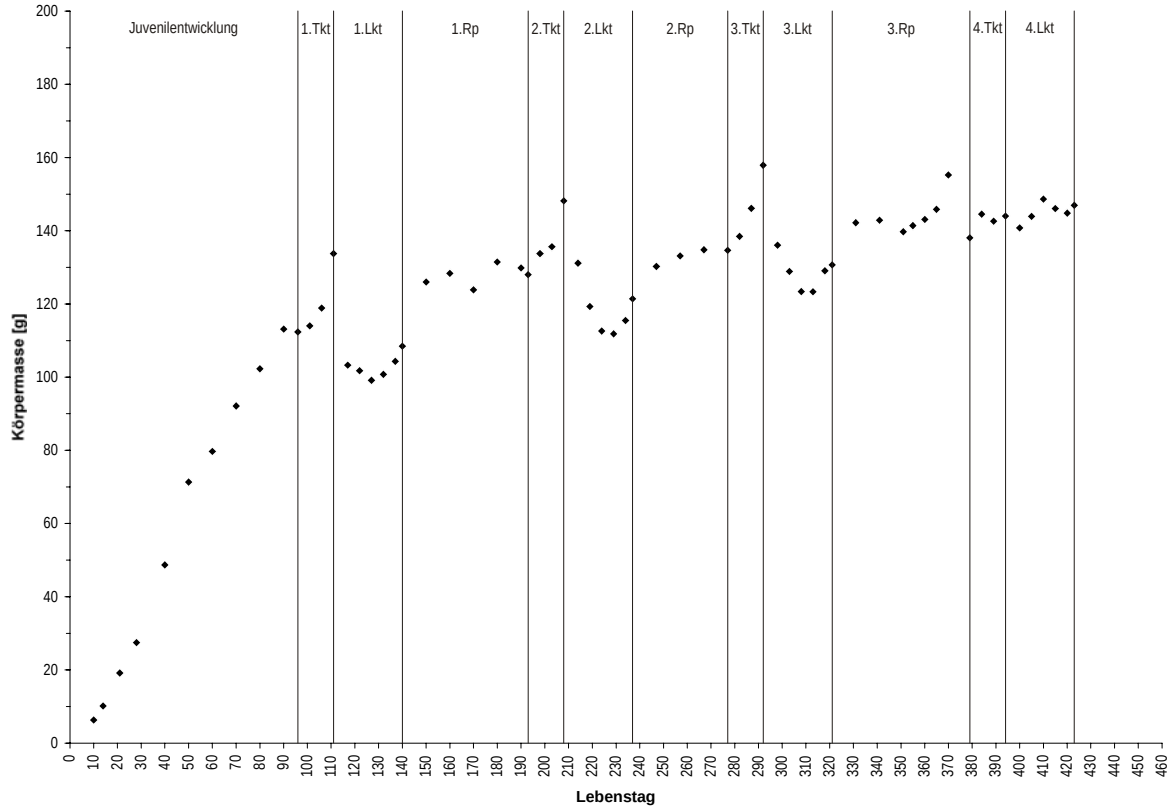
Grafik 93: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 101-7 (mit Attrappe).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.



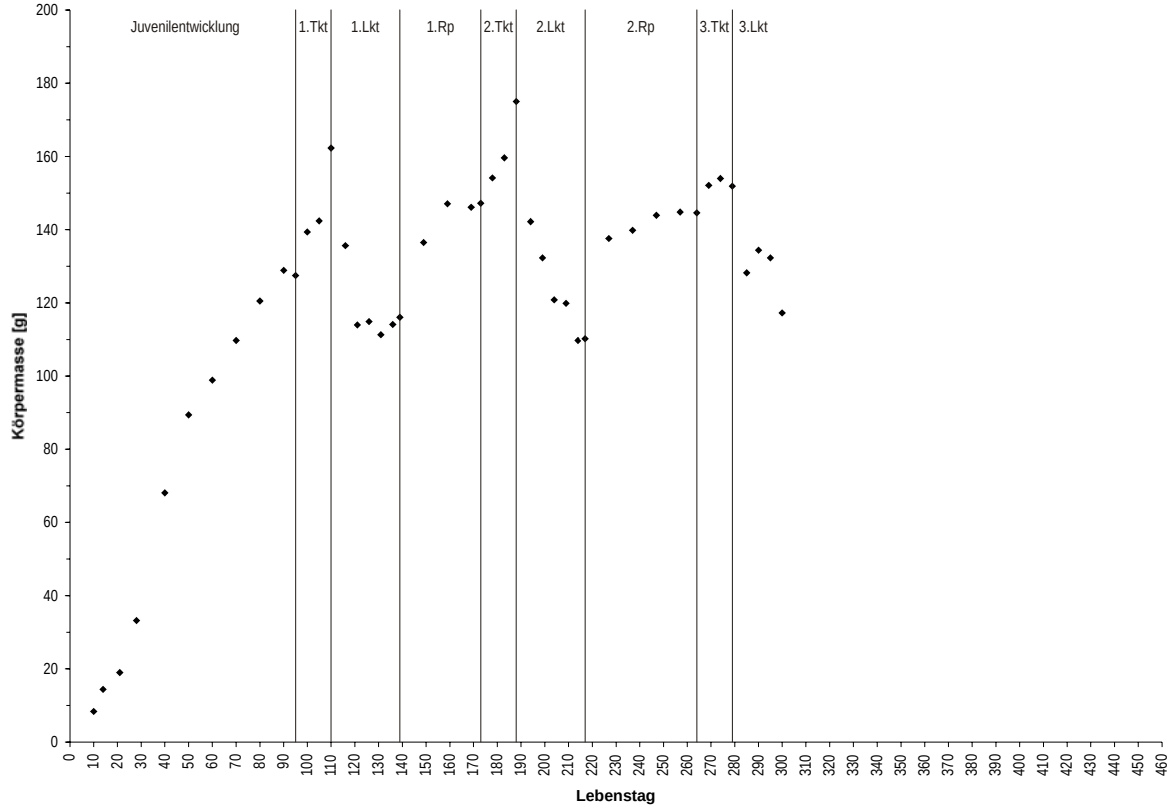
Grafik 94: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 99-17 (mit Laufrad).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.



Grafik 95: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 115-8 (mit Attrappe).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.

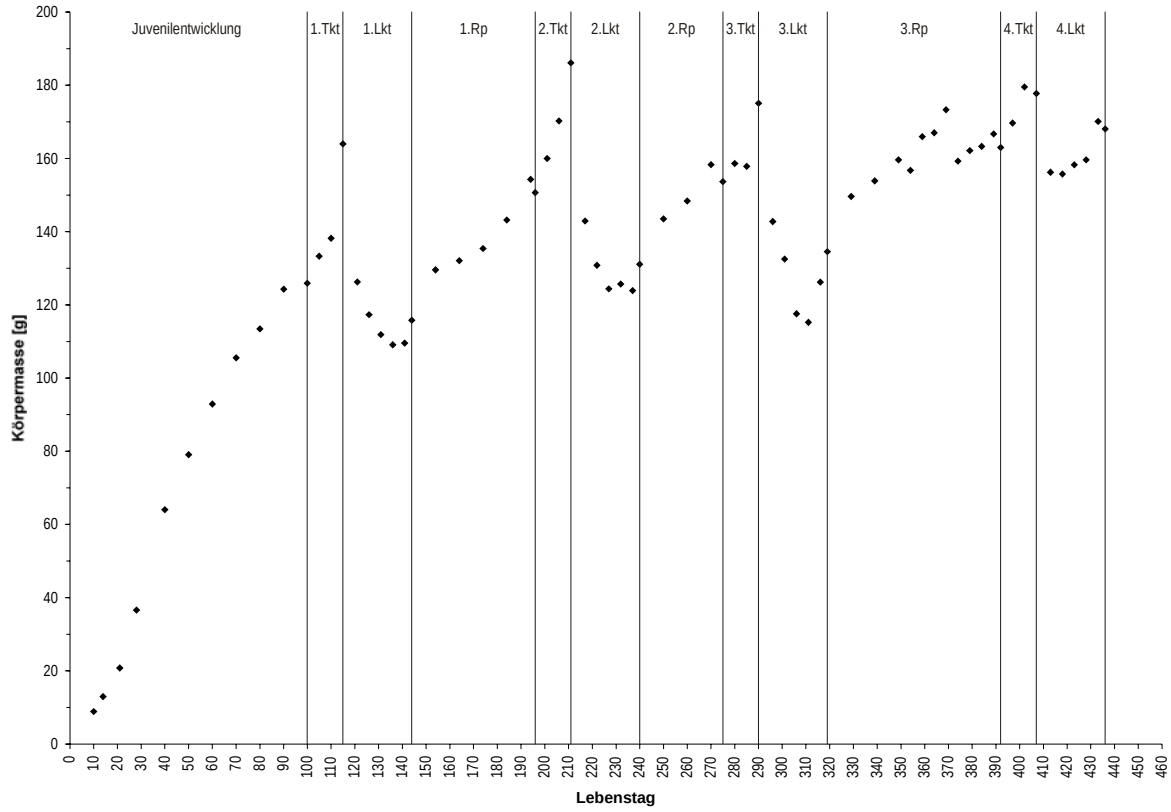


Grafik 96: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 116-18 (mit Laufrad).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.

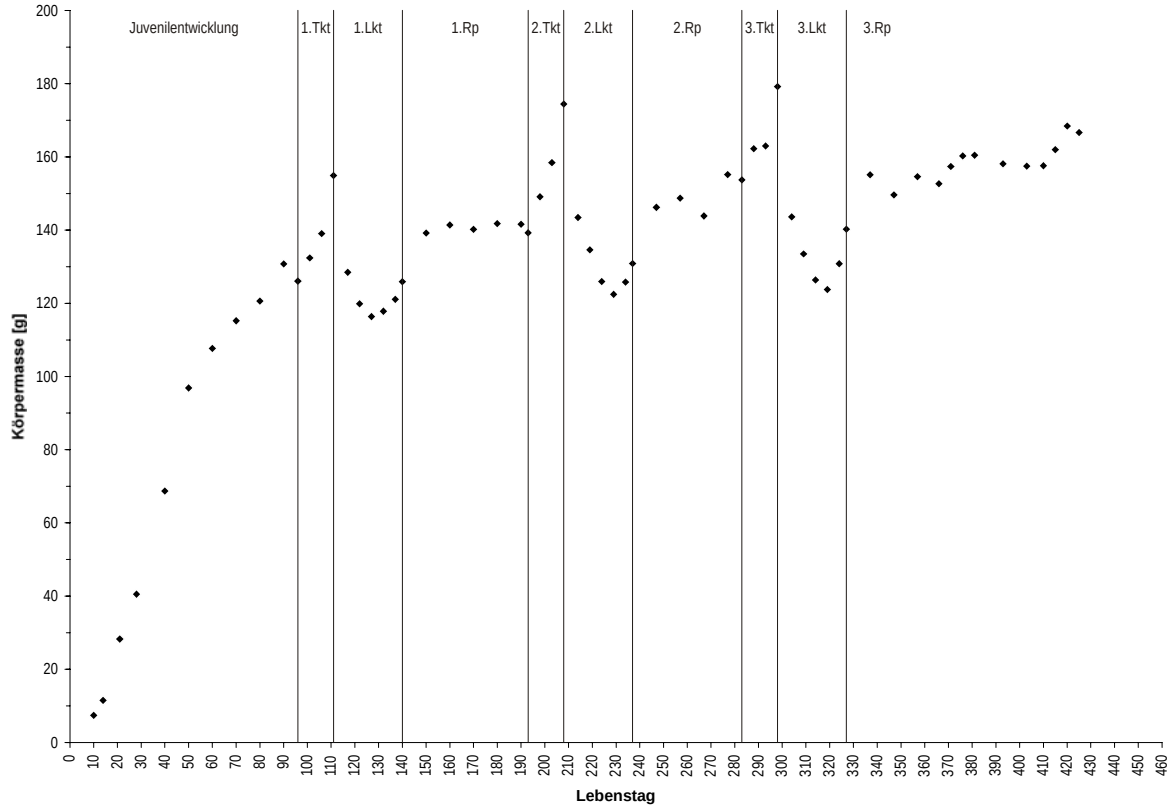


Grafik 97: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 112-9 (mit Attrappe).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.

Grafik 98: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 111-19 (mit Laufrad).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.



Grafik 99: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 110-10 (mit Attrappe).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.



Grafik 100: Körpergewichtsentwicklung des Versuchstieres 109-20 (mit Laufrad).
Tkt: Trächtigkeit; Lkt: Laktation; Rp: Ruheperiode.

Danksagungen

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. Andreas Steiger, der mir das Thema der Dissertation anvertraute, und Frau Dr. Sabine Gebhardt-Henrich für ihre fachliche Unterstützung.

Ein herzliches „Danke schön“ geht an den Technischen Dienst des Tierspitals Bern, insbesondere an die Herren Wenger und Kragic, die sich all meiner kleineren und grösseren Sorgen betreffend der Infrastruktur des Hamsterraumes mit einem freundlichen Lächeln und viel Geduld annahmen.

Prof. Dr. Peter Tschudi gelang es, in zeitraubender Arbeit das Laufradprogramm in Betrieb zu setzen. Vielen Dank dafür!

Für seine unkomplizierte und freundschaftliche Art danke ich Dr. Patrick Kircher, der manch freie Stunde für die Ultraschalluntersuchungen geopfert hat, was alles andere als selbstverständlich ist.

Herrn Simon König danke ich für die spontane Mithilfe bei der Erstellung einiger Grafiken, die mir längere Zeit Kopfzerbrechen bereiteten.

Meiner Familie danke ich sehr für ihr Verständnis, ihre Geduld und ihre in jeder Hinsicht grosszügig gewährte Unterstützung während des Studiums und der Dissertationszeit.

Meinen Doktoranden-Kolleginnen Doris Lehmann und Sandra Zipp danke ich von ganzem Herzen für ihre Freundschaft, Unterstützung, Motivation und die unübertroffenen Kaffeepausen. Es war eine gute Zeit im Forschti!

Mein grösster Dank aber geht an PD Dr. Thomas Bartels, der immer „ein Minütchen“ Zeit fand, wenn es darum ging, hilfreich Hand anzulegen, fachliche Fragen zu klären oder unterstützend einzuwirken. Ohne seine Hilfe wäre die Arbeit in dieser Art nicht fertiggestellt worden.

Ich bin mir bewusst, dass diese Aufzählung alles andere als vollständig ist. Mein herzlicher Dank gilt deshalb nochmals allen, die mich in irgendeiner Form mit ihrem Engagement und ihrer Freundschaft während dieser Zeit unterstützten.