

**Die Waldmaus in urbanen Lebensräumen:
Der Fall der „Gleismäuse“ am Essener Hauptbahnhof**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

Dr. rer. nat.

des Fachbereichs

Biologie und Geographie

an der

Universität Duisburg-Essen

vorgelegt von

Marcus Schmitt

aus Düsseldorf

Oktober 2007

Die der vorliegenden Arbeit zugrunde liegenden Experimente wurden in der Abteilung für Allgemeine Zoologie der Universität Duisburg-Essen und im Zentralen Tierlabor des Universitätsklinikums Essen durchgeführt.

1. Gutachter: Prof. Dr. Hynek Burda, Universität Duisburg-Essen

2. Gutachter: Prof. Dr. František Sedláček, Südböhmische Universität, České Budějovice
(Budweis, Tschechische Republik)

Vorsitzende des Prüfungsausschusses: Prof. Dr. Angela Sandmann, Universität Duisburg-
Essen

Tag der mündlichen Prüfung: 05.02.2008

„Die edelste Schöpfung Gottes?“

Der Mensch.

„Wer ist darauf gekommen?“

Der Mensch.

(Mark Twain)

Inhaltsübersicht

Einführung	1
I. Zielsetzung	1
II. Die Waldmaus (<i>Apodemus sylvaticus</i> , Linnaeus 1758)	2
A. Freilandökologie: <i>Apodemus sylvaticus</i> als „Gleismaus“ am Hauptbahnhof von Essen	9
1 Allgemeine Methoden	9
1.1 Einleitung	9
1.2 Forschungsgebiet	9
1.3 Verfahren und Terminologie der Beobachtungen	11
1.4 Das Auswertungsprogramm „Mousetrack“	12
1.5 Statistik	15
1.6 Spezielle Probleme der ökologischen Freilandarbeit an einem großstädtischen Hauptbahnhof	16
2 Abiotische Habitatfaktoren	20
2.1 Habitatstrukturen und Zugverkehr	20
2.1.1 Einleitung	20
2.1.2 Material und Methoden	20
2.1.3 Ergebnisse	21
2.1.4 Diskussion	24
2.2 Zur Lärmsituation am Hauptbahnhof	26
2.2.1 Einleitung	26
2.2.2 Material und Methoden	29
2.2.2.1 Lärmmessungen	29
2.2.2.2 Zugtypen	32
2.2.3 Ergebnisse	33
2.2.3.1 Zusammenfassung des Zuglärms	36
2.2.4 Diskussion	39
3 Biotische Habitatfaktoren am Hauptbahnhof von Essen	45
3.1 Einleitung	45
3.2 Material und Methoden	47
3.3 Ergebnisse	48
3.3.1 Bahnflora	48
3.3.2 Begleitfauna	54
3.3.2.1 Fahrgäste	55
3.3.3 Nahrung	56

3.4	Diskussion	57
3.5	Und die Hausmaus?	63
4	Qualitative Auswertung zu Verhalten und Phänologie der Gleismäuse	64
4.1	Einleitung	64
4.2	Material und Methoden	64
4.3	Ergebnisse	65
4.4	Diskussion	67
5	Quantitative Auswertung zu Verhalten und Phänologie	69
5.1	Einleitung	69
5.2	Material und Methoden	70
5.3	Ergebnisse	70
5.3.1	Forscheraktivität	71
5.3.2	Zeitliche Auswertung	72
5.3.3	Räumliche Auswertung	76
5.4	Diskussion	77
	B. Invasive Untersuchungen	82
6	Fang und Körpermorphometrie	82
6.1	Einleitung	82
6.2	Material und Methoden (einschl. ethischer Anmerkung)	82
6.2.1	Artbestimmung	84
6.3	Ergebnisse	85
6.4	Diskussion	87
7	Betrachtungen zur Schwanzautotomie der Waldmaus	90
7.1	Einleitung	90
7.2	Material und Methoden	91
7.3	Ergebnisse	91
7.4	Diskussion	92
8	Krallenlängen	94
8.1	Einleitung	94
8.2	Material und Methoden	95
8.3	Ergebnisse	95
8.4	Diskussion	96

9	Analysen zu Ernährungszustand und Alter urbaner Waldmäuse aus Essen	96
9.1	Einleitung	96
9.2	Material und Methoden	97
9.3	Ergebnisse	98
9.4	Diskussion	99
10	Parasitologie	101
10.1	Einleitung	101
10.1.1	Kurzer Überblick über ektoparasitologisch bedeutsame Taxa	101
10.1.1.1	Arthropoda: Acari (Milben)	102
10.1.1.2	Arthropoda: Insecta	102
10.1.2	Kurzer Überblick über endoparasitologisch bedeutsame Taxa	103
10.1.2.1	Sporozoa: Coccidia	103
10.1.2.2	Helminthen („Würmer“)	103
10.1.2.2.1	Plathelminthes	104
10.1.2.2.1a	Cestoda (Bandwürmer)	104
10.1.2.2.1b	Trematoda (Saugwürmer)	106
10.1.2.2.2	Nematoda (Fadenwürmer)	107
10.2	Material und Methoden	109
10.2.1	Ektoparasitologische Untersuchung	109
10.2.2	Perianale Analyse (Klebestreifenmethode)	109
10.2.3	Koproskopie (Flotationsmethode)	110
10.2.4	Endoparasitologisch-makroskopische Untersuchung des Dünndarms	111
10.2.5	Hämatologische Analyse	112
10.2.6	Statistische Überprüfung	112
10.3	Ergebnisse	113
10.3.1	Ektoparasiten	113
10.3.2	Endoparasiten: Klebestreifenmethode	114
10.3.3	Endoparasiten: Flotationsverfahren	115
10.3.4	Makroskopische Untersuchung des Dünndarms	116
10.3.5	Habitatbezogene Verteilung der Helminthengruppen	120
10.3.6	Zum Zusammenhang von Befallsintensität und Gewicht	121
10.3.7	Gesamtschau: Parasitenfunde bei <i>A. sylvaticus</i> aus Essen	122
10.3.8	Hämatologische Befunde	123
10.4	Diskussion	125
10.4.1	Helminthenfauna	125
10.4.2	Ektoparasiten	128
10.4.3	Habitatunterschiede	129

11	Morphometrie des Dünndarms	133
11.1	Einleitung	133
11.2	Dünndarmlänge	134
11.2.1	Material und Methoden	135
11.2.2	Ergebnisse	135
11.2.3	Diskussion	136
11.3	Dünndarmzotten und Mikrovilli	138
11.3.1	Material und Methoden	138
11.3.1.1	Messungen	139
11.3.1.2	Statistische Analysen	140
11.3.2	Ergebnisse	141
11.3.2.1	Darmrohrumfang und Zottenhöhe	141
11.3.2.2	Mikrovillisaum	143
11.3.3	Diskussion	144
12	Mikroskopisch-Anatomische Untersuchung des Corti-Organs	146
12.1	Einleitung	146
12.2	Material und Methoden	149
12.3	Ergebnisse	151
12.4	Diskussion	154
C. Ethologische Untersuchungen		159
13	Audiologischer Versuch mit Waldmäusen aus zwei verschiedenen urbanen Lebensräumen	159
13.1	Einleitung	159
13.1.1	Der Schreck-Reflex	159
13.2	Material und Methoden	160
13.2.1	Versuchsablauf	163
13.2.2	Statistische Auswertung	164
13.3	Ergebnisse	165
13.4	Diskussion	167
14	Olfaktorisches Experiment: Prädator-Geruchstest	172
14.1	Einleitung	172
14.2	Material und Methoden	172
14.3	Ergebnisse	174
14.4	Diskussion	175

D. Ausblick	179
E. Zusammenfassung	180
Liste der im Textteil erwähnten Tierarten	183
Bildnachweis	186
Literaturverzeichnis	187
Abkürzungsverzeichnis	203
Nachwort und Dank	205
Anhang	208
Lebenslauf und Publikationen	221
Eidesstattliche Erklärungen	224

Einführung

I. Zielsetzung

Auf den Gleistrassen des Hauptbahnhofs von Essen lebt die Waldmaus (*Apodemus sylvaticus*). Diese Tatsache war Herrn Professor Hynek BURDA und mir im Jahr 2001 aufgefallen. Nicht zuletzt, weil es sich bei dieser Spezies, anders als bei der Hausmaus, um ein echtes Wildtier handelt, beschlossen wir, die Waldmäuse der Gleise eingehend zu erforschen. Die vorliegende Arbeit ist das Endprodukt dieser Untersuchungen und sie verfolgt drei übergeordnete, nicht immer scharf trennbare Ziele.

Erstens ist es mir ganz allgemein darum zu tun, eine Sammlung insbesondere morphometrischer und bioakustischer Daten zur Waldmaus aus einem enggefassten Ausschnitt des großen Verbreitungsgebiets zu liefern. Die Waldmaus ist ein eingehend erforschter Organismus, worauf alleine schon die zahlreichen Literaturverweise im weiteren Verlauf dieser Arbeit hindeuten. Bestehende Forschungsergebnisse, welche die von mir behandelten Fragestellungen berührten, habe ich im Sinne einer Metaanalyse erschöpfend auszuwerten versucht. Selbstverständlich möchte ich jedoch auch künftigen Studien zitierfähige Ergebnisse, Überlegungen, Spekulationen und Forschungsansätze liefern.

Daneben stehen die auf den diversen Forschungsansätzen basierenden Abschnitte aber auch, zweitens, vor dem gemeinsamen Hintergrund einer Frage. Nämlich: Zeigen Waldmäuse aus differenzierbaren, urbanen Lebensräumen in den untersuchten Merkmalen wissenschaftlich fassbare Unterschiede in Habitus, Konstitution und Kondition, Parasitierung und Verhalten? Die von mir vorgenommene Lebensraumdifferenzierung mündete in die Bestimmung der beiden Makrohabitate *Hauptbahnhofsgleise* und *urbane Grünflächen im weiteren Sinne*.

Drittens werde ich den unmittelbaren Einfluss des Menschen auf die Lebensumstände der „städtischen“ Waldmaus darstellen. Dies wird insbesondere dadurch geschehen, dass ich die Eisenbahn als zentralen Repräsentanten der anthropogenen Überformung des ursprünglichen Waldmauslebensraums umfassend in die autökologische Betrachtung einbinde. Somit wird eine industrietechnische Komponente als Habitatfaktor gewertet und in sicher ungewöhnlicher Ausführlichkeit in eine zoologische Studie integriert.

Wenn im Folgenden von „Bahnhofsmäusen“, „Gleismäusen“ oder „HBF-Mäusen“ die Rede ist, dann sind damit immer die Waldmäuse aus den Gleistrassen des Hauptbahnhofs Essen gemeint, sofern nicht ausdrücklich anders vermerkt. Die Begriffe „Vergleichsmäuse“, „Vgl-Mäuse“ bezeichnen stets Waldmäuse aus den Vergleichslebensräumen Essens (Grünanlagen, Gärten, Ruderalflächen). „Maus“ heißt hier also in der Regel *Waldmaus*, nicht, wie sonst üblich, Hausmaus. Auf Ausnahmen wird hingewiesen.

II. Die Waldmaus (*Apodemus sylvaticus*, Linnaeus 1758)

Die Waldmaus, englisch *wood mouse*, gehört zur Familie der Echten Mäuse (Muridae, bzw. Unterfamilie Murinae). Sie ist über große Teile Europas (bis auf Nordskandinavien, jedoch auf Island) verbreitet und lebt auch in West-, Vorder- und Zentralasien (Zentral-Nepal, Hindukusch und Himalaya) (NIETHAMMER 1978, MITCHELL-JONES et al. 1999). Ihr Vorkommen in den nördlichen Atlasländern Afrikas ist vermutlich auf menschliches Zutun zurückzuführen, denn die ältesten maghrebinischen Fossilfunde stammen erst aus der Eisenzeit (DOBSON 1998). Die vertikale Verbreitung von *A. sylvaticus* erstreckt sich von Meereshöhe bis 1.800 m (subalpine/alpine Stufe), jedenfalls in Europa (REUTTER et al. 2003). In Nordrhein-Westfalen kommt die Art flächendeckend vor (NIETHAMMER 1978, SCHRÖPFER 1984b). Nach CORBET & OVENDEN (1982) besiedelt sie eine Vielzahl von Lebensräumen, darunter mit Gebüsch durchsetzte Flächen, Getreide- und Ackerflächen, Gärten, Hecken sowie, als eine von „wenigen Kleinsäugerarten“ geschlossene, unterholzarme Wälder. Gemäß der Aussage NIETHAMMERS (1978) gehören Moore, Heiden und Fichtenwald nicht zu den Vorzugshabitaten (siehe aber Tab. 1). SCHRÖPFER (1984b) gibt an, Waldmäuse mieden staunasse Böden. Andererseits fanden CANOVA et al. (1994) die Art in maritimen Marschen Italiens auf dauerhaft feuchtem Grund. DICKMAN & DONCASTER (1987) berichten von Waldmausvorkommen in ausgeprägt kultivierten Gärten Oxfords (eben in „englischen Gärten“). SCHRÖPFER (1984b) kategorisiert *A. sylvaticus* grundsätzlich als Faunenelement von sich durch kleinräumige Strukturwechsel auszeichnenden Saumzoozönosen. Auch JUŠKAITIS (2003) betont das Vorkommen in fragmentierten Agrarlandschaften und an Waldrändern, REUTTER et al. (2003) sprechen in diesem Zusammenhang von mosaikartiger Landschaft.



Abb. 1: Waldmaus in ihrem gewöhnlichen Lebensraum: einer Hecke am Rande einer städtischen Grünfläche.

Die Waldmaus besiedelt folglich Lebensräume mit einem Nebeneinander von dichtem Strauch- und Gras-/Krautbewuchs einerseits, oft unter einer lockeren Baumschicht, und offeneren Flächen andererseits. Sie darf damit als Charakterart der an Ökotonen reichen mitteleuropäischen Kulturlandschaft gelten. Eine ausführlichere Darstellung der Lebensräume von *Apodemus sylvaticus* bietet Tabelle 1. Daraus wird schnell ersichtlich, dass der Populärname irreführend ist. Wohl auch deshalb liest man gelegentlich von der Feld-Waldmaus (z.B. DIETERLEN 1988) bzw. *long-tailed field mouse* (z.B. DELANY 1970, STANYON et al. 2004).

Die relativ hohe Toleranz gegenüber Trinkwasserknappheit ist nach Ansicht von SCHRÖPFER (1984b) eine Voraussetzung für die Eurytopie bzw. Euryökie der Waldmaus. Im

Herbst und Winter wandert die Art gelegentlich in Gebäude ein und lebt dann vorübergehend als Kommensale des Menschen (NIETHAMMER 1978). Diese Tatsache und die Häufigkeit in Städten veranlassen ERZ & KLAUSNITZER (1998), *A. sylvaticus* als partiell eu- oder hemisynanthrop einzustufen. Auch der Autor dieser Dissertationsschrift fing schon Waldmäuse auf dem Dachboden eines Hauses inmitten der Großstadt. Sie hatten wahrscheinlich die Fassadenbegrünung für den „Aufstieg“ benutzt, denn sie können gut klettern (MONTGOMERY & GURNELL 1985), und so fand man Waldmäuse sogar in Vogelnistkästen (DIETERLEN 1988). Nach SCHRÖPFER (1984b) fördern offenbar starke Niederschläge das Aufsuchen menschlicher (trockener) Behausungen.

Einen jahreszeitlich bedingten Wechsel der Schwerpunkthabitate konnten zum Beispiel ALCÁNTARA & TELLERÍA (1991), TODD et al. (2000) und DIAZ & ALONSO (2003) feststellen. Demnach bevorzugen Waldmäuse in ruralen Landschaften winters eher baumbestandene Areale (Wälder, Hecken, Feldgehölze), im Frühjahr und Sommer dagegen Ackerflächen. Was die Wohnbaue angeht, reagiert *A. sylvaticus* sehr flexibel. Neben selbst gegrabenen Bauten bis zu 150 cm unter der Oberfläche, nutzt die Art auch vorhandene Hohlräume, etwa in liegendem Moderholz, Erd- und Gesteinsspalten, oder nimmt von Wühlmäusen (Microtinae, syn.: Arvicolinae) gegrabene Gänge an (SCHRÖPFER 1984b, MONTGOMERY & GURNELL 1985, KHIDAS et al. 2002).

In weiten Teilen ihres Verbreitungsareals lebt die Waldmaus sympatrisch mit der ähnlichen, aber größeren und schwereren Gelbhalsmaus (*Apodemus flavicollis*). Diese Art ist, jedenfalls im Westen ihres Vorkommens, stärker an Wälder gebunden und kann gegendweise die Waldmaus aus den dichter bewaldeten Bereichen verdrängen (NIETHAMMER 1978, SCHRÖPFER 1984b, siehe aber MONTGOMERY 1981).

Wenngleich gravide oder laktierende Weibchen ihren erhöhten Energiebedarf mitunter tagsüber decken (WOLTON 1983, GORMAN & ZUBAID 1993), ist *A. sylvaticus* eine überwiegend nocturne Art. Ihre Hauptfeinde sind daher Eulen und nachtaktive Säuger (NIETHAMMER 1978, SCHRÖPFER 1984b). In ruralen, vor allem aber in urbanen Lebensräumen fordern Hauskatzen einen merklichen Tribut (BAKER et al. 2003). Die nächtliche Lebensweise der Waldmaus findet ihren sichtbaren Ausdruck in den großen äußeren Ohren und den merklich vorstehenden Augen – Kennzeichen, die im Freiland helfen, sie von der oftmals syntopisch vorkommenden Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus*) zu unterscheiden.

Tabelle 1: Lebensräume von *Apodemus sylvaticus* nach Literaturdurchsicht. Referenzgebiete: ^a Europa, ^b Alpen, ^c Algerien, ^d Dänemark, ^e Deutschland (^{ee} Westfalen), ^f Großbritannien, ^g Italien, ^h Nordirland, ⁱ Portugal, ^j Schweiz, ^k Spanien, ^l Tschechien.

Die Angaben in der Spalte „Habitat“ treffen in Kombination mit den Referenzgebieten keine Aussagen zu eventuellen geographischen Habitatpräferenzen der Waldmaus.

Habitat	Quelle
Laubwald	NIETHAMMER (1978) ^a SCHRÖPFER (1984b) ^{ee} DOUGLASS et al. (1992) ^b CORP et al. (1997a) ^f TATTERSALL et al. (2002) ^f DIAZ & ALONSO (2003) ^k
Nadelwald	SCHRÖPFER (1984b) ^{ee} DOUGLASS et al. (1992) ^b EIRA ET AL. (2006) ⁱ
Mischwald	NIETHAMMER (1978) ^a MONTGOMERY (1989b) ^h CANOVA et al. (1994) ^f
Mediterrane Baum- und Strauchformationen	ALCÁNTARA & TELLERÍA (1991) ^k HULME (1997) ^k KHIDAS et al. (2002) ^c MILAZZO et al. (2005) ^g EIRA ET AL. (2006) ⁱ
Moore	SCHRÖPFER (1984b) ^{ee}
Lückenhaft bewachsene Sanddünen und Heiden	SCHRÖPFER (1984b) ^{ee} JENSEN & NIELSEN (1986) ^d CORP et al. (1997a) ^f EIRA ET AL. (2006) ⁱ
Schilfmarschen	CANOVA et al. (1994) ^g
Ackerland	NIETHAMMER (1978) ^a GREEN (1979) ^f SCHRÖPFER (1984b) ^{ee} ALCÁNTARA & TELLERÍA (1991) ^k ABT & BOCK (1998) ^c TODD et al. (2000) ^f TATTERSALL et al. (2001) ^f DIAZ & ALONSO (2003) ^k MOORE et al. (2003) ^f
Gras- und Weideland	ALCÁNTARA & TELLERÍA (1991) ^k DOUGLASS et al. (1992) ^b TATTERSALL et al. (2002) ^f REUTTER et al. (2003) ^b
Hecken der Feldflur und Feldgehölze	NIETHAMMER (1978) ^a SCHRÖPFER (1984b) ^{ee} DOUGLASS et al. (1992) ^b ABT & BOCK (1998) ^c TODD et al. (2000) ^f TATTERSALL et al. (2002) ^f MOORE et al. (2003) ^f EIRA ET AL. (2006) ⁱ
Ruderalflächen (in menschlichem Siedlungsgebiet)	GRÖFLIN (2003) ^j
Urbane Grünflächen (u.a. Hausgärten, Parks, Friedhöfe, Straßen-/Eisenbahnbankette)	YALDEN (1980) ^f DICKMAN & DONCASTER (1987) ^f FRYNTEA (1993) ^l BAKER et al. (2003) ^f
Mülldeponien	MEYER et al. (2003) ^e

Der euryöken Lebensweise entsprechend, ist *A. sylvaticus* ein polyphager Nahrungsopportunist, neigt aber pflanzlicher Kost und hier wiederum „Sämereien“ (Früchten) zu (WATTS 1968). HANSSON (1985) hat die verschiedenen Fraktionen des

Tab. 2: Nahrungsanteile (in Volumen-%) der Waldmaus aus zwei verschiedenen geografischen Regionen und Habitaten (Werte aus Hansson 1985). Cz: Tschechoslowakei (Waldränder, Schutzhecken); GB: Großbritannien (Eichen-Eschen-Wald).

	Cz	GB
„Samen“ (Gräserfrüchte)	69,5%	70,5%
Früchte und Beeren	3%	3,5%
Pilze	0,5%	1,5%
Kräuter	4%	10%
Wurzeln	4%	-
Animalische Kost	18,5%	13%
nicht identifiziertes Material	-	2%

Nahrungsspektrums aus der Literatur zusammengestellt, Tabelle 2 gibt die Werte wieder. Der regionale Unterschied fällt nur gering aus, pflanzliche Nahrung überwiegt mit über 80% deutlich die animalische Kost. Ähnliche Daten liefert SCHRÖPFER (1984b) aus einer Untersuchung von im Sommer gefangenen Waldmäusen Westfalens. Danach nahmen Süßgrasfragmente (Poaceae) 12,6%, Pflanzen insgesamt 75,5% und tierische Nahrung 16,6% des

Mageninhalts ein (nicht zuteilbarer Rest: 7,9%). Der tägliche Wasserbedarf der Art beträgt, nach Angabe desselben Autors, bei einer Außentemperatur von 18,5°C und 70% Luftfeuchte ungefähr 3,1 Gramm. Die Zusammensetzung der Nahrung unterliegt jahreszeitlichen wie örtlichen Schwankungen. „Wood mice are seed-eaters, but when seeds are scarce in spring and early summer, they turn to arthropods and green plant material.“ (SMAL & FAIRLEY 1980b, S. 417). Die Rechercheergebnisse von NIETHAMMER (1978) und HANSSON (1985) weisen in dieselbe Richtung. Beide Autoren machen überdies auf vorhandene Geschlechtsspezifika aufmerksam: Zumindest in manchen Gebieten nahmen Männchen ein größeres Quantum animalischer Nahrung auf als Weibchen. GORMAN & ZUBAID (1993) stellten bei Waldmäusen aus einem Waldbiotop einen Anteil tierischer Kost von etwa 10% fest. Bei Artgenossen aus einer nahen Dünenlandschaft mit geringerer Primärproduktion lag der Wert zur gleichen Zeit bei 50%. Nur der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass Waldmäuse, Polyphagie hin oder her, doch nicht alles fressen, was man (oder die Natur) ihnen vorsetzt: PLESNER JENSEN (1993) vermerkte die Früchte von 14 Pflanzenarten, deren experimentelle Verfütterung scheiterte. Tabelle 3 hält einen auf Durchsicht der Literatur basierenden Überblick zum Nahrungsspektrum von *A. sylvaticus* bereit.

Die Körpermaße der Waldmaus unterliegen einer geographischen Varianz. Generell nehmen sie von Nord(-Osten) nach Süd(-Westen) hin zu (NIETHAMMER 1978), was im Gegensatz zur Bergmannschen Regel steht. Zumindest zum Teil könnte dieses Phänomen einem statistischen Effekt geschuldet sein. Auf einigen westmediterranen Inseln kommen besonders große Individuen vor (ANGERBJÖRN 1986, MICHAUX et al. 2002, TORRE et al. 2002) und dieser Inselgigantismus mag das Körpermaß der südeuropäischen Population im Ganzen nach oben schrauben, wenn die Werte z.B. in Meta-Analysen zusammengeworfen und dann gemittelt werden.

Wie dem auch sei, im Allgemeinen beträgt die Kopf-Rumpflänge erwachsener Waldmäuse 77-110 mm, die Schwanzlänge 70-115 mm, das Gewicht 20-30 Gramm (NIETHAMMER 1978,



Abb. 2: *A. sylvaticus* ist eine hemisynanthrope Art, die in der vom Menschen veränderten Umwelt sehr gut überleben kann und die darin gebotenen zusätzlichen Ressourcen zu erschließen weiß. Das abgebildete Tier bedient sich aus einem Komposthaufen. (Foto: C. Seidel)

DIETERLEN 1988), im Süden des Verbreitungsgebietes sind bis zu 40 Gramm möglich (TORRE et al. 2002). Die Tragzeit beläuft sich auf 23 bis 31 Tage, im Mittel kommen 4-7 (2-12) nackte Junge zur Welt (LAY 1967, NIETHAMMER 1978, DIETERLEN 1988). Die Fortpflanzungszeit ist (war?) in Mitteleuropa gewöhnlich auf das Sommerhalbjahr begrenzt, sie kann sich jedoch, gerade bei milden Temperaturen, bis in den Winter fortsetzen (NIETHAMMER 1978). Drei Würfe pro Jahr sind normal, bis zu sechs möglich (NIETHAMMER 1978, NOWAK 1991). Das natürliche Lebensalter liegt angeblich bei nicht mehr als

12 Monaten (Nowak 1991), in Gefangenschaft sind indes auch schon 4-6 Jahre erreicht worden (NIETHAMMER 1978, JONES 1982).

Tab. 3: Das natürliche Nahrungsspektrum der Waldmaus nach Literaturdurchsicht (* Fütterungsversuche von PLESNER JENSEN 1993, Pflanzen in Lebensräumen von *A. sylvaticus* vorkommend).

Nahrung	Quellenangabe
Vegetarische Kost:	WATTS (1968)
	NIETHAMMER (1978)
	GREEN (1979)
	SMAL & FAIRLEY (1980a, b)
	SCHRÖPFER (1984b)
	DICKMAN & DONCASTER (1987)
	HALLE (1993)
	HULME (1997)
	ABT & BOCK (1998)
	PLESNER JENSEN (1993)
	DIAZ & ALONSO (2003)
<ul style="list-style-type: none"> • Generative Pflanzenteile (Samen/Früchte) folgender Taxa: <ul style="list-style-type: none"> ○ allgemein Poaceae (Süßgräser) - allgemein Kulturgetreide ○ allgemein <i>Prunus</i> spp. (Steinobst) ○ <i>Acer campestre</i> L. (Feldahorn) * ○ <i>Acer pseudoplatanus</i> L. (Bergahorn) ○ <i>Acer</i> spp. (Ahorn) ○ <i>Atriplex</i> spp. (Melde) ○ <i>Avena fatua</i> L. (Hafer) * ○ <i>Beta vulgaris</i> L. (Zuckerrübe) ○ <i>Brassica napus</i> L. (Raps) * ○ <i>Chenopodium album</i> L. (Weißer Gänsefuß) ○ <i>Chenopodium</i> spp. (Gänsefuß) ○ <i>Corylus avellana</i> L. (Haselnuss) ○ <i>Crataegus monogyna</i> Jacq. (Eingriffeliger Weißdorn) ○ <i>Crataegus</i> spp. (Weißdorn) ○ <i>Cyclamen</i> spp. („Alpen“-Veilchen) ○ <i>Daphne laureola</i> L. (Lorbeer-Seidelbast) ○ <i>Euonymus europaeus</i> L. (Eu. Pfaffenhütchen) ○ <i>Fragaria</i> spp. (Erdbeere) ○ <i>Fraxinus excelsior</i> L. (Esche) ○ <i>Helleborus foetidus</i> L. (Stinkende Nieswurz) ○ <i>Hordeum vulgare</i> L. (Mehrzeilige Gerste) * ○ <i>Hyacinthoides non-scripta</i> (L.) Chouard. ex Rothm. (Hasenglöckchen) ○ <i>Ilex aquifolium</i> L. (Ilex, Stechpalme) ○ <i>Juglans regia</i> L. (Walnuss) ○ <i>Lupinus luteus</i> L. (Gelbe Lupine) ○ <i>Lupinus perennis</i> L. (Ausdauernde Lupine) 	

Tab. 3 (Fortsetzung)

Nahrung	Quellenangabe
<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Malus</i> spp. (Apfel) ○ <i>Mercurialis perennis</i> L. (Wald-Bingelkraut) ○ <i>Nicotiana</i> spp. (Kulturtabak) ○ <i>Phalaris canariensis</i> L. (Kanariengras) ○ <i>Phragmites</i> spp. (Schilf) ○ <i>Pisum sativum</i> L. (Erbse) ○ <i>Plantago major</i> L. (Breit-Wegerich) ⁺ ○ <i>Poa annua</i> L. (Einjähriges Rispengras) ○ <i>Polygonum</i> spp. (Knöterich) ○ <i>Prunus mahaleb</i> L. (Steinweichsel) ○ <i>Prunus spinosa</i> L. (Schwarzdorn, Schlehe) ○ <i>Prunus avium</i> L. (Vogelkirsche) ○ <i>Quercus coccifera</i> L. (Kermeseiche) ○ <i>Quercus ilex</i> L. (Steineiche) ○ <i>Quercus robur</i> L. (Stieleiche) ○ <i>Quercus petraea</i> Liebl. (Traubeneiche) ○ <i>Rosa</i> spp. (Wildrosen) ○ <i>Rubus</i> spp. (Brom-/Himbeere) ○ <i>Sambucus nigra</i> L. (Schwarzer Holunder) ○ <i>Sinapis arvensis</i> L. (Ackersenf) ○ <i>Sorbus aucuparia</i> L. (Eberesche, Vogelbeere) ○ <i>Stellaria media</i> L. (Vill.) (Vogelmiere) ○ <i>Taxus baccata</i> L. (Eibe) ○ <i>Tilia</i> spp. (Linde) ○ <i>Trisetum flavescens</i> (L.) (Wiesen-Goldhafer) ⁺ ○ <i>Triticum aestivum</i> L. (Saat-Weizen) ⁺ ○ <i>Urtica dioica</i> L. (Große Brennnessel) ○ <i>Vaccinium myrtillus</i> L. (Blaubeere) ○ <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L. (Preiselbeere) ○ <i>Viola tricolor</i> L. (Stiefmütterchen) ○ <i>Zea mays</i> L. (Kulturmais) ⁺ 	
<ul style="list-style-type: none"> • Vegetative Pflanzenteile (d.h. Wurzeln, Spross, Blätter) folgender Taxa: <ul style="list-style-type: none"> ○ Allgemein grüne Pflanzenteile ○ <i>Beta vulgaris</i> L. (Zuckerrübe) ○ Bryophyta (Moose, unident.) ○ <i>Bryum argenteum</i> Hedw. (Silbermoos) ○ <i>Daucus carota</i> L. (Möhre) ○ <i>Fagus sylvatica</i> L. (Buchenblüten) ○ <i>Festuca</i> sp. (Schwingel) ○ <i>Fragaria vesca</i> L. (Wald-Erdbeere) ○ <i>Fraxinus excelsior</i> L. (Esche) ○ <i>Lupinus perennis</i> L. (Ausdauernde Lupine) ○ <i>Matricaria chamomilla</i> L. (Echte Kamille) ○ <i>Mercurialis perennis</i> L. (Wald-Bingelkraut) ○ <i>Phleum pratense</i> L. (Wiesen-Lieschgras) ○ <i>Primula vulgaris</i> Huds. (Stängellose Schlüsselblume) ○ <i>Poa annua</i> L. (Einjähr. Rispengras) ○ <i>Pteridium aquilinum</i> Kuhn (Adlerfarn) ○ <i>Rubus</i> spp. (Brom-/Himbeere) ○ <i>Rumex crispus</i> L. (Krauser Ampfer) ○ <i>Sambucus nigra</i> L. (Schwarzer Holunder) ○ <i>Sanicula europaea</i> L. (Sanikel) ○ <i>Stellaria media</i> Vill. (Vogelmiere) ○ <i>Urtica dioica</i> L. (Große Brennnessel) 	<p>WATTS (1968) GREEN (1979) DICKMAN & DONCASTER (1987) HALLE (1993) ABT & BOCK (1998)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Nicht differenziert nach generativen/vegetativen Pflanzenteilen: <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Ajuga reptans</i> L. (Kriechender Günsel) ○ <i>Galium</i> sp. (Labkraut) ○ <i>Geum urbanum</i> L. (Echte Nelkenwurz) ○ <i>Hypericum hirsutum</i> L. (Behaartes Johanniskraut) ○ <i>Oxalis acetosella</i> L. (Wald-Sauerklee) ○ <i>Ranunculus</i> spp. (Hahnenfuß) ○ <i>Rumex</i> spp. (Ampfer) 	<p>WATTS (1968)</p>

Tab. 3 (Fortsetzung)

Nahrung	Quellenangabe
<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Senecio squalidus</i> L. (Felsen-Greiskraut) ○ <i>Viola riviniana</i> Rchb. (Hain-Veilchen) 	
Gemieden wurden Früchte von: <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Agrimonia eupatoria</i> L. (Gew. Odermennig) ○ <i>Allium vineale</i> L. (Weinberg-Lauch) ○ <i>Anthriscus sylvestris</i> L. (Wiesen-Kerbel) ○ <i>Bromus sterilis</i> L. (Taube Tresse) ○ <i>Centaurea nigra</i> L. (Schwarze Flockenblume) ○ <i>Centaurea scabiosa</i> L. (Skabiosen-Flockenblume) ○ <i>Cirsium palustre</i> L. (Sumpf-Kratzdistel) ○ <i>Galium aparine</i> L. (Kleb-Labkraut) ○ <i>Heracleum sphondylium</i> L. (Wiesen-Bärenklau) ○ <i>Heracleum mantegazzianum</i> Som. u. Lev. (Riesen-Bärenklau) ○ <i>Leontodon autumnalis</i> L. (Herbst-Löwenzahn) ○ <i>Ligustrum vulgare</i> L. (Gemeiner Liguster) ○ <i>Plantago lanceolata</i> L. (Spitz-Wegerich) ○ <i>Solanum dulcamara</i> L. (Bittersüßer Nachtschatten) 	PLESNER JENSEN (1993)
Pilzliche Kost	WATTS (1968) SMAL & FAIRLEY (1980b)
Animalische Kost: <ul style="list-style-type: none"> • Oligochaeta (Wenigborster): Lumbricidae (Regenwürmer) • Stylommatophora (Landlungenschnecken) • allgemein Arthropoda (Gliederfüßer) <ul style="list-style-type: none"> ○ Insecta (Insekten) <ul style="list-style-type: none"> - Coleoptera (Käfer: Larven und Imagines) - Diptera (Zweiflügler: Larven und Imagines) - Lepidoptera (Falter: Larven und Imagines) ○ Arachnida (Spinnentiere) <ul style="list-style-type: none"> - Araneae (Spinnen) - Opiliones (Weberknechte) - Acari (Milben) ○ Chilopoda (Hunderfüßer) 	GREEN (1979) NIETHAMMER (1978) SMAL & FAIRLEY (1980b) SCHRÖPFER (1984b) GORMAN & ZUBAID (1993) HALLE (1993)
Menschliche Abfälle/Müll	MEYER et al. (2003)

A. Freilandökologie: *Apodemus sylvaticus* als „Gleismaus“ am Hauptbahnhof von Essen

1 Allgemeine Methoden

1.1 Einleitung

Die in dieser Dissertation präsentierten Ergebnisse sind das Resultat gemeinschaftlicher Anstrengungen. Die Arbeitsgruppe „Gleismäuse“ (im Folgenden oft „Gleismaus-AG“ genannt) hat zwischen den Sommern von 2001 und 2006 unter der Leitung des Verfassers sehr verschiedene Aspekte der Ökologie von *Apodemus sylvaticus* zu beleuchten versucht. Zweifellos sind die dafür in Anspruch genommenen Methoden nicht immer konventionell gewesen. Der Lebensraum „innerstädtische Eisenbahngleise“ ist meines Wissens bis jetzt noch nicht in Zusammenhang mit *A. sylvaticus* gebracht worden. Entsprechende wissenschaftliche Erkenntnisse oder gar Studien gibt es also bislang nicht.

Alleine die Freilandarbeit am Hauptbahnhof Essen gestaltet sich deutlich anders als in freilandökologischen Arbeiten üblich. Denn immerhin: Die Tiere lassen sich am HBF, im Gegensatz zu den „angestammten“ Lebensräumen, direkt beobachten. So ergeben sich Beobachtungsmöglichkeiten, die normalen Waldmausstudien abgehen müssen, wo Unterholz, Strauchwerk, Gras oder Steine eine längere Observierung unmöglich machen oder zumindest stark einschränken. Andererseits ist ein in Nutzung stehendes Bahnhofs- bzw. Eisenbahngelände kein forschungsfreundliches Terrain. Auf diesen Umstand wird in einigen Kapiteln noch wiederholt zu verweisen sein.

Damit am Hauptbahnhof Waldmäuse beobachtet und die gewonnenen Daten später verarbeitet werden konnten, mussten erst einmal bestimmte Techniken entwickelt werden. In diesem ersten Hauptkapitel werde ich diese Verfahren schildern. Dazu gehört es, ein von der Arbeitsgruppe entworfenes Computerprogramm vorzustellen und die von uns verwendete Terminologie darzulegen.

Vorangestellt wird die Beschreibung des Untersuchungsgebietes, abschließend gebe ich Informationen zu den in der *gesamten* Arbeit verwendeten statistischen Methoden.

1.2 Forschungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet war der verkehrsmäßig stark frequentierte Hauptbahnhof im Zentrum von Essen. Essen zählt mit über 580.000 Einwohnern (Stand: 31.12.2006) zu den zehn größten Städten Deutschlands (STADT ESSEN, Internet) und liegt inmitten des Ballungsraumes Ruhrgebiet. Diese Region an der Grenze von Rheinland und Westfalen im

von gemäßigtem, atlantischem Klima geprägten Westen Deutschlands (Nordrhein-Westfalen) gehört zu den am dichtesten besiedelten Teilen Europas.

Die nachfolgenden Flächenangaben beruhen alle auf Ausmessung des Grundplanes der DB-Netz AG („Durchrutschwege Ef“, Maßstab 1:1000) mittels des PC-Programms *image analySIS 2.1* (SIS GmbH, Münster). Die Fläche (Bahnsteige, vorgelagerte Gleise, unmittelbarer Einzugsbereich inkl. Abstellgleise) des HBF kann danach mit gut 70 ha veranschlagt werden. Es gibt zwölf von Zügen bediente Gleise, darunter 4 Kopfgleise. Die Länge der theoretisch nutzbaren Bahnsteige beträgt 4.460 m. Davon wird allerdings nur ein Teil von den Zügen angefahren und von den Fahrgästen benutzt. Auf diesen Anteil konzentrierten wir unsere Freilandarbeiten, es lagen damit immer noch maximal 2.140 m für die systematischen Aufnahmeeinheiten, bzw., geringfügig abweichend, 2.065-2.140 m für die Vegetationsaufnahmen vor. Unsystematische Beobachtungen führten wir über den gesamten überschaubaren zentralen Bahnsteig- und Gleisbereich durch und damit auf einer Fläche von ca. 2,6 ha (Abb. 3).

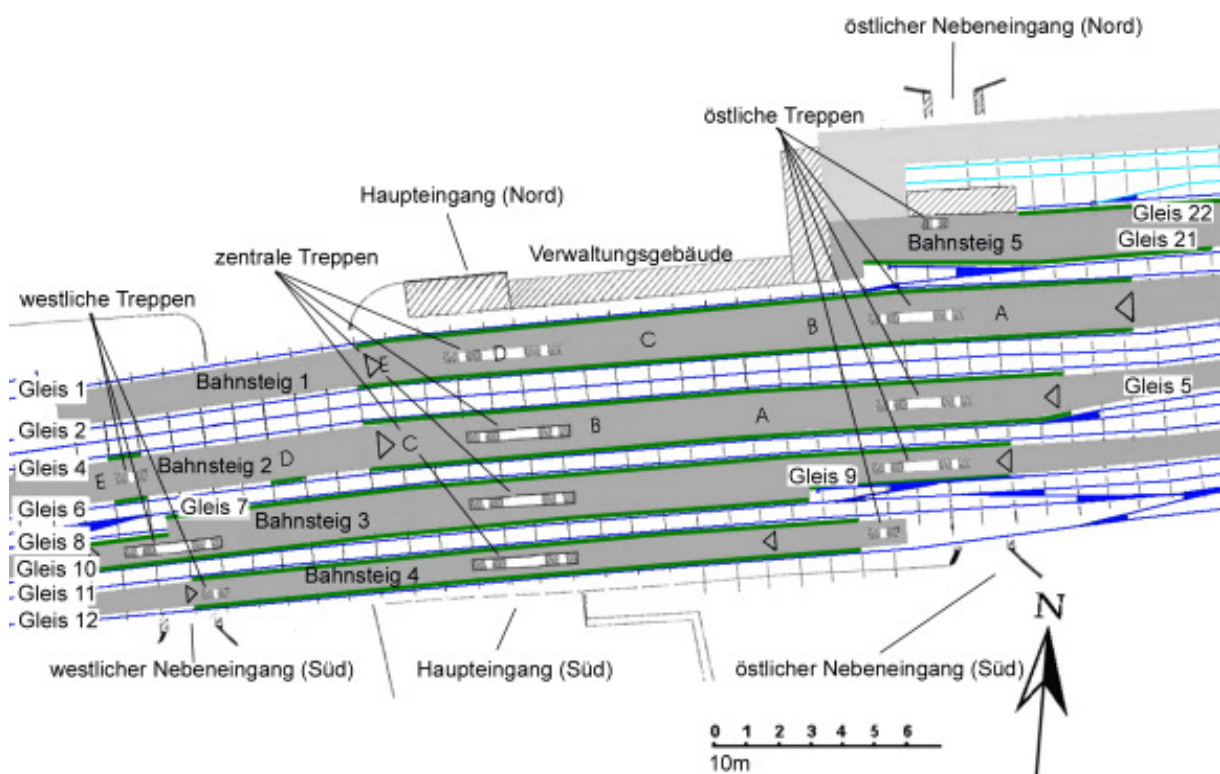


Abb. 3: Grundplan des Hauptbahnhofs Essen; die für den Waldmaus-Zensus (und mit geringen Abweichungen für andere Untersuchungen) berücksichtigten Abschnitte der Gleise sind grün markiert und entsprechen in der Länge 2.140 Metern (das ist der **Kernbereich** der Untersuchung); Bahnsteige grau, Gleise blau (zwischen den Bahnsteigen 2 und 4 liegen drei Gleise), quer zu den Gleisen verlaufende Striche entsprechen einem 10-m-Raster; Dreiecke markieren die Enden der Bahnsteigüberdachung und damit der stärkeren Beleuchtung, Rechtecke symbolisieren Auf- und Abgänge der Fahrgasttreppen, Buchstaben bezeichnen die Bahnsteigabschnitte (während der Freilandarbeit gültig, mittlerweile von der Bahn geändert). Die Fläche der abgebildeten Bahnanlagen (Gleise + Bahnsteige) beträgt ca. 2,6 ha. Gleis 3 existiert nicht, die Gleise 8, 9, 21 und 22 sind Kopfgleise mit Prellböcken am Bahnsteig.

Der Bahnhof weist drei tunnelartige Zugänge auf, die zu den Plattformen führen: einen zentralen, von dem aus der meiste Publikumsverkehr abgewickelt wird, und zwei seitliche,

östlich und westlich positioniert, die deutlich seltener genutzt werden, weil sie auch vom haltenden Zug aus weiter entfernt liegen. Jeder Bahnsteig besitzt somit drei Treppenaufgänge, bis auf Bahnsteig 1, wo die westliche Treppe fehlt, und Bahnsteig 5, der sich mit den zwei Kopfgleisen 21/22 im Ostbereich befindet (Abb. 3). Nur auf den Bahnsteigen 3 und 4, an den S-Bahngleisen, gab es während unserer Studie Kioske, auf allen Plattformen außerdem Nahrungsmittelautomaten.

1.3 Verfahren und Terminologie der Beobachtungen

Um die am HBF Essen vorkommenden Mäuse beobachten und ihr Verhalten protokollieren zu können, wendeten meine Mitarbeiter und ich zwei unterschiedliche Methoden an:

I.) **Systematische Aufnahmeeinheiten (SAE)**: Sie wurden von einem zufällig ausgesuchten Standpunkt auf den Bahnsteigen aus durchgeführt, und berücksichtigten nur das direkt anliegende Bahngleis. Hierfür wurde von mir ein „Kernbereich“ des Hauptbahnhofes gleichsam „abgesteckt“ (Abb. 3), der sich im Wesentlichen am Vorhandensein der in die Bahnsteigüberdachung integrierten Beleuchtungskörper orientierte.

Die Gleise teilte ich in 10 Meter lange Abschnitte auf, wobei jeder dieser Abschnitte eine Fläche von 26 m² aufwies – infolge der Schwellenbreite von 2,60 m. Die SAE dauerten bis zur **Sichtung** einer Maus **im** dem Beobachtungsstandpunkt direkt vorgelagerten **Abschnitt (SIA)**, jedoch nicht länger als 5 Minuten. Nach Sichtung einer Maus und Eintrag ihres Verhaltens oder nach Ablauf der 5 Minuten wurde ein neuer Standort aufgesucht. Dieser sollte nicht an benachbarten 10-m-Abschnitten liegen, sondern mindestens 50 Meter entfernt, um Doppelzählungen von Mausindividuen zu vermeiden. Für die Protokollführung verfügten die Beobachter über eine Stoppuhr und Formblätter mit Lageplan (Anhang 1). Darauf wurden folgende Beobachtungsparameter notiert: Uhrzeit, Standort, Zeitraum bis zur Sichtung (genauer: bis zum Eintritt einer – möglicherweise bereits vorher wahrgenommenen – Maus in die Beobachtungsfläche), Verhalten und Besonderheiten. Diese geregelte Methodik („Mauszählung“ = Waldmaus-Zensus) wurde konstruiert, um mit Hilfe der dadurch erhobenen Daten später räumliche und zeitliche/phänologische Verteilungsmuster der Gleismäuse darstellen zu können. Wichtigste Kenngröße hierfür ist der Sichtigungsquotient (**SQ**): Er ergibt sich aus der Anzahl der Sichtungen (Sichtung im Abschnitt, SIA) dividiert durch die Menge der Aufnahmen (SAE) bezogen auf einen definierten Zeitraum oder Ort (**SQ = SIA/SAE**).

Wurden während der SAE Waldmäuse oder andere Tiere bzw. interessante Vorkommnisse *außerhalb* der jeweiligen 26 m²-Fläche gesichtet (Sichtung außerhalb des Abschnitts, = SAA), notierten wir diese Beobachtungen selbstverständlich. Sie konnten aufgrund ihres unstandardisierten Charakters aber später nicht in die statistische Auswertung des Waldmaus-Zensus einfließen.

Die SAE begannen am 9. April 2003 und endeten am 29. August 2004; ihre Auswertung erfolgte mit dem eigens entwickelten Computerprogramm „Mousetrack“ (→ Kap. 1.4).

II.) **Unsystematische** (anekdotische) **Aufnahmen (UA)**: In der Zeit vom 14. Februar bis zum 3. September 2003, führten wir quasi-systematische Beobachtungen von sechs fixen Standorten an sechs verschiedenen Gleisen im Kernbereich (Abb. 3) des HBF aus, die wiederholt aufgesucht werden sollten (an den Gleisen 1, 4, 7, 9, 11, 21). Diese jeweils 10 Minuten langen Beobachtungseinheiten dienten dazu, alle Mäuse des überschaubaren Bereichs und ihr Verhalten zu notieren (10-Minuten-Protokolle). Sichtungen haben wir auch hier in ein eigenes Formblatt eingetragen, gaben diese Methode indes nach einiger Zeit zugunsten der Systematischen Aufnahmeeinheiten auf, so dass die Ergebnisse ebenfalls nicht in den Waldmaus-Zensus einfließen.

Darüber hinaus achteten wir selbstverständlich während sämtlicher übriger Aufenthalte am Hauptbahnhof auf Mäuse bzw. „mausverdächtige“ Strukturen, Konkurrenten, Nahrungsquellen etc., und es genügten Papier und Bleistift, um bemerkenswerte Befunde zu notieren. Diese anekdotischen Beobachtungen fielen quasi als Nebenprodukt an, beispielsweise bei den Fangaktionen (→ Kap. 6), den Aufnahmen zu Akustik (→ Kap. 2.2) und Vegetation (→ Kap. 3.3.1) des Bahnhofs, während der Fotografiereaufenthalte oder einfach dann, wenn wir als „gewöhnliche“ Fahrgäste auf den Zug warteten. Die Arbeits- und Gelegenheitsaufenthalte begannen mit der ersten Fangaktion im Juni 2001 und endeten im April 2006. Alle Begehungen des Bahnhofs vor dem Februar 2003, die der Ausbringung von Fallen oder der Kartierung des Gebietes galten, können als Teil einer „Vorstudie vor Ort“ bezeichnet werden, sofern sie die Beobachtung von Gleismäusen betrafen.

Wenn im Text von Jahreszeiten die Rede ist, sind diese meteorologisch zu verstehen: Frühling: März-Mai, Sommer: Juni-August, Herbst: September-November, Winter: Dezember-Februar; Winterhalbjahr: Oktober-März; Sommerhalbjahr: April-September.

1.4 Das Auswertungsprogramm „Mousetrack“

Mit der wachsenden Zahl der systematischen Aufnahmeeinheiten (SAE) und, als Folge, der Protokollbögen, liefen nach einiger Zeit große Datenmengen auf. Zu beachten ist, dass jede einzelne SAE zunächst einmal ein Ja/Nein-Ergebnis nach sich zog: Entweder es gab innert fünf Minuten die Bestätigung einer Maus – also eine Sichtung im 26 m² großen Abschnitt (SIA) – oder es gab eben keine. Diese Daten waren (im Wortsinne) *standort*gebunden, und die Protokollformulare besaßen dementsprechend einen Lageplan. Die Frage, ob gewisse Bereiche des Bahnhofs von den Mäusen präferiert und andere gemieden wurden, ergab sich somit ganz zwanglos. Aus diesem Grunde wurde eine Möglichkeit wünschenswert, die räumliche Bindung der Beobachtungsergebnisse darstellbar und sie gleichzeitig mit den Grunddaten (Datum, Uhrzeit, Dauer) und den notierten ethologischen Befunden verknüpfbar

zu machen. Eine grafische Darstellung der akkumulierten Lagedaten ist mit MS Excel nicht zu leisten. Eine eigens für unser Projekt entwickelte, PC-gestützte Lösung sollte her. Sie wurde von Herrn ALOYS FELDMANN (Dorsten) programmiert und in Zusammenarbeit mit seinem Sohn CHRISTIAN A. FELDMANN, einem in der „Gleismaus-AG“ beschäftigten Examenskandidaten, und mir optimiert. Mittels der so entstandenen Anwendung „Mousetrack“ war es nun möglich, die Protokolle über komfortable Eingabemasken der elektronischen Datenverarbeitung zuzuführen, die Ergebnisse grafisch darzustellen und außerdem, vermittels einer entsprechenden Funktion, nach Excel zu exportieren, um sie schließlich sortieren und statistisch auswerten zu können. „Nebenbei“ wurden die Originaldaten auf diesem Wege zusätzlich gesichert und, ein bedeutsamer Effekt, standen allen Beteiligten an ihren Rechnerarbeitsplätzen in gleicher Weise zu Auswertungszwecken zur Verfügung. Die Abbildungen 4, 5 und 6 sollen die wichtigsten Anwendungsmöglichkeiten von „Mousetrack“ illustrieren. Nicht alle Eingabemöglichkeiten des Programmes wurden von mir in der Auswertung genutzt. Da wir uns zumeist nachts und bei trockenem Wetter am HBF aufhielten, blieben etwa die Witterungseinflüsse entgegen der ursprünglichen Absicht weitgehend unbeachtet.

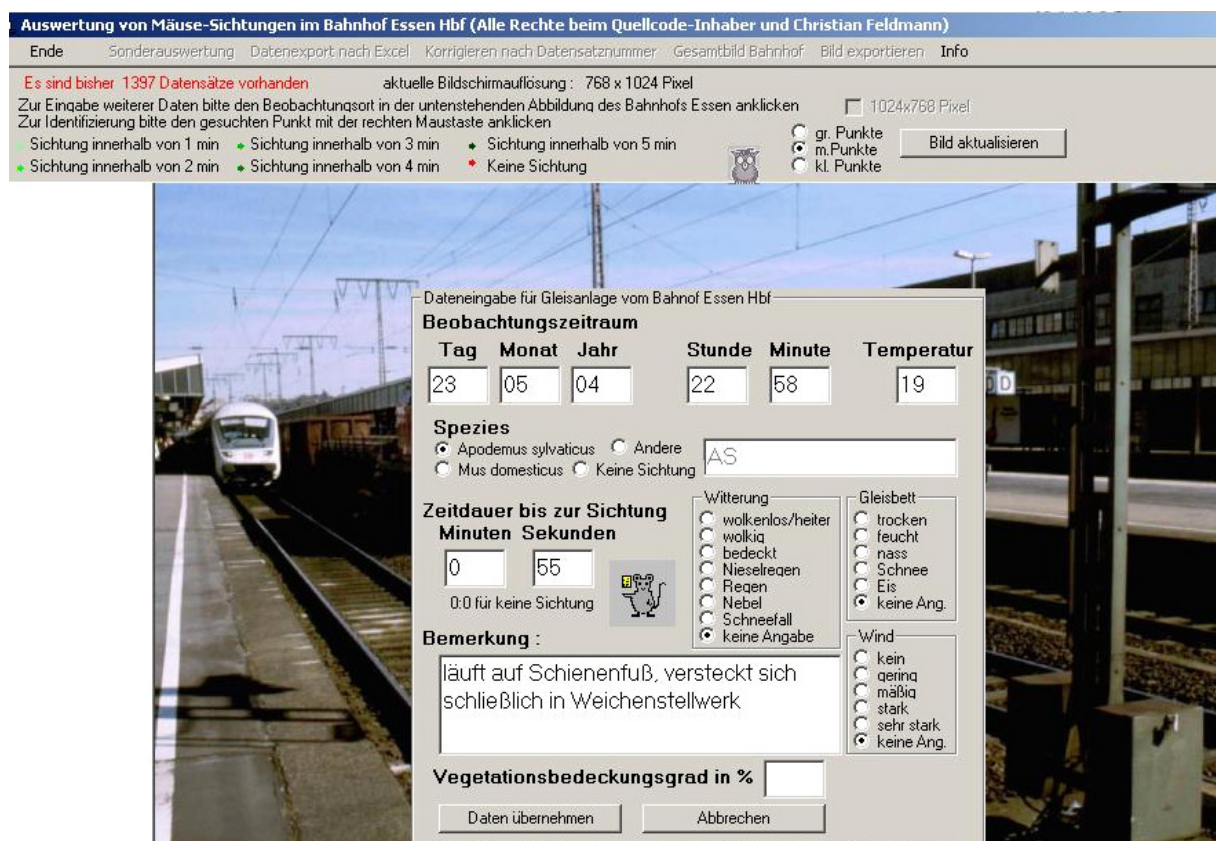


Abb. 4: Screenshot der Mousetrack-Eingabemaske. Nicht alle der ursprünglich geplanten und dann auch verwirklichten Eingabemöglichkeiten wurden von uns genutzt. Jede Eingabe setzt das Programm grafisch in einen Koordinatenpunkt um.



Abb. 5: Screenshot der Mousetrack-Ausgabemaske. Jeder der Punkte auf dem Mousetrack-Arbeitsfeld (siehe Folgebild) ist mit dem Mauszeiger aktivierbar und gibt dann die zugrunde liegenden Daten wieder (hier von Eintrag 983: Sichtung einer Gleismaus nach 150 Sekunden).

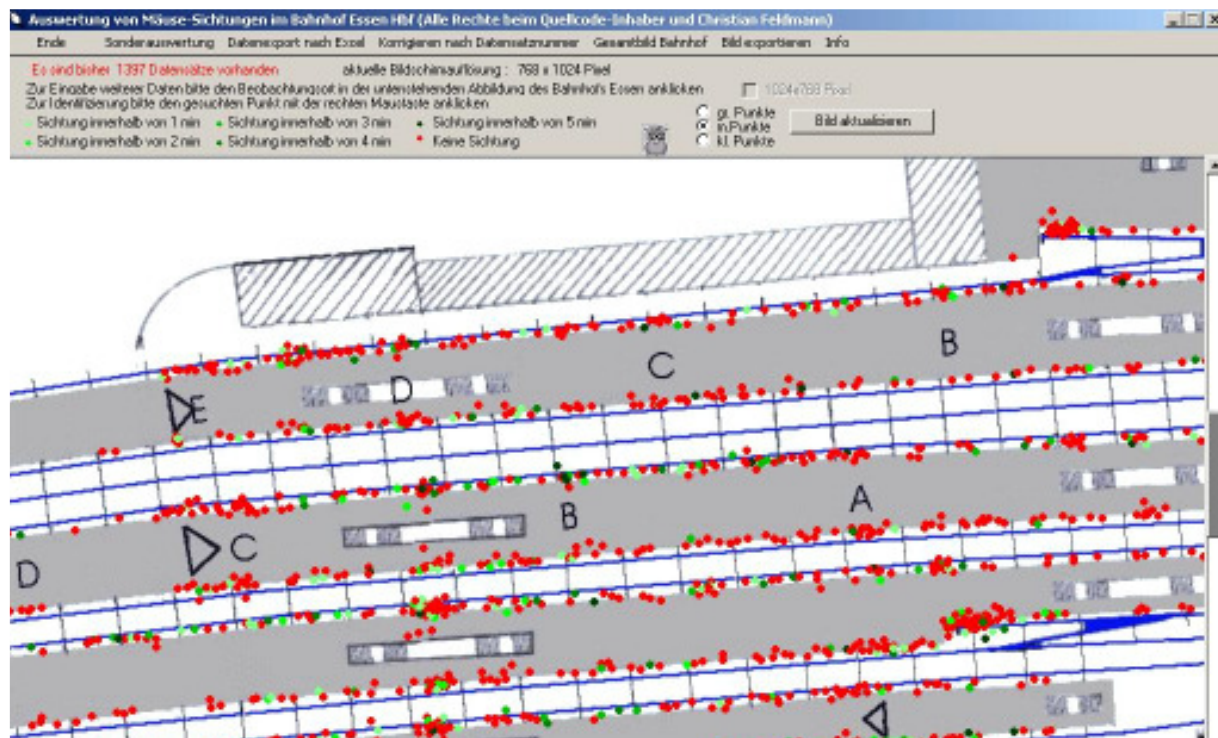


Abb. 6: Screenshot des Mousetrack-Arbeitsfeldes. Basis ist der Lageplan des HBF Essen, jeder Punkt wird durch einen x-Wert horizontal und einen y-Wert vertikal definiert und repräsentiert eine Beobachtung (rot: keine Sichtung innerhalb von 5 Minuten, grün: Sichtung einer Maus; eine weitere Differenzierung nach Bruchteilen von 5 Minuten ist zwar durch Grünabstufungen ebenfalls kenntlich gemacht worden, wurde dann aber in der Endauswertung doch nicht berücksichtigt).

1.5 Statistik

Die statistischen Analysen erfolgten mit den Programmen MS Excel 2003 und SPSS für Windows 11.5/12.0. Nachfolgende Angaben gelten für **alle Teilgebiete** der vorliegenden Studie, gehen also in ihrer Bedeutung über die freilandökologische Arbeit hinaus.

Das Signifikanzniveau wurde durchgehend auf das FISHERSche Niveau von 5% ($\alpha = 0,05$) bzw. 1% ($\alpha = 0,01$) festgelegt. Unterschritt die Irrtumswahrscheinlichkeit (p) diese Schwellen, wurden die Unterschiede als signifikant bzw. hochsignifikant eingestuft. Die jeweiligen signifikanten Unterschiede wurden in den entsprechenden Abbildungen auf dem $\alpha = 5\%$ -Niveau mit „*“ und auf dem $\alpha = 1\%$ -Niveau mit „**“ und gekennzeichnet (vgl. KÖHLER et al. 2002), sofern die Übersichtlichkeit der Grafiken dadurch nicht litt, ansonsten erfolgte die Beschreibung der Signifikanzen in den Bildunterschriften.

Für die zweiseitige statistische Absicherung der Mittelwertvergleiche fanden, falls nicht normalverteilt, der Mann-Whitney U-Test bzw., wenn normalverteilt, der T-Test für unabhängige Stichproben mit vorangestelltem Levene-Test auf Varianzhomogenität Anwendung. Je nach Test werden neben dem p -Wert auch der U- bzw. T-Wert sowie die Freiheitsgrade (df) vermerkt. Vorgesaltet war stets der Kolmogorov-Smirnov-Test (K-S-Test), um die Normalverteilung zu klären.

Für die Signifikanzüberprüfung von Mittelwertdifferenzen einer Variablen zwischen mehr als zwei unabhängigen Stichproben benutzte ich gegebenenfalls die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA), aufgeführt wird in diesem Falle dann neben p und df auch der F-Wert. Dieser Test ist parametrisch und setzt Normalverteilung voraus. Daher ist diese Annahme ebenfalls vorher zu überprüfen (K-S-Test). Ergab die ANOVA eine Signifikanz, so wurde mittels des Post Hoc-Tests nach Bonferroni analysiert, welche Gruppen sich im Einzelnen signifikant voneinander unterschieden. Für den Fall, dass für die auszuwertenden Datenreihen keine Normalverteilung angenommen werden konnte, sollte der nicht-parametrische Kruskal-Wallis-Test zum Einsatz gelangen.

Die Überprüfung auf signifikante Verteilungsunterschiede von mindestens zwei Merkmalen einer Stichprobe erfolgte mittels des χ^2 -Tests, bzw., beim Vergleich zweier Stichproben, des χ^2 -Tests mit Kreuztabelle. Zu beachten war, dass die Stichproben bei Anwendung des χ^2 -Tests aus mindestens fünf Werten bestehen mussten. Außer der Irrtumswahrscheinlichkeit (p), werden χ^2 -Wert und Freiheitsgrade (df) genannt.

Tab. 4: Einteilung der Korrelationsgrade nach ANDERSON & FINN (1996). Die Werte sagen aber alleine nichts über die Signifikanz des Zusammenhangs aus.

Wert des Korrelationskoeffizienten (r)	Grad
$r = \pm 1$	Perfekte Korrelation
$r > 0,6 / r < -0,6$	Starke Korrelation
$r > 0,3 / r < -0,3$	Mittlere Korrelation
$r < \pm 0,3 / r > -0,3$	Schwache Korrelation
$r = 0$	Keine Korrelation

Überdies umfasste die Datenanalyse zweiseitige, bivariate Korrelationen nach Pearson (wenn normalverteilt) oder Spearman (wenn nicht normalverteilt) einschließlich

Signifikanztests, wobei die Einteilung der Korrelationskoeffizienten (r_{xy}) und ihrer Korrelationsgrade der Tabelle 4 zu entnehmen ist.

Für weitere Informationen zu den hier ausgewählten statistischen Verfahren beachte die Werke von MARTENS (1999) und KÖHLER et al. (2002), sowie auch die kritische Stellungnahme zur Statistik von BECK-BORNHOLDT & DUBBEN (2000).

1.6 Spezielle Probleme der ökologischen Freilandarbeit an einem großstädtischen Hauptbahnhof

Die Gleisanlagen der Deutsche Bahn AG dürfen ohne Begleitung fachkundigen Personals nicht betreten werden. Ein heimliches Vorgehen kam selbstverständlich nicht in Frage. Das bedeutete, es musste immer ein Begleiter aus dem Personal der DB-Netz AG, die für den



Abb. 7: Fangaktion am HBF Essen: Die Studentin im Gleis bringt Fallen aus (vor einer pausierenden S-Bahn), der Kommilitone führt Protokoll, ein Bahnmitarbeiter beaufsichtigt den Vorgang, ein weiterer beobachtet die Szene zufällig.

Unterhalt und die Sicherheit der Gleisanlagen zuständig ist, dabei sein, wenn Arbeiten im Gleis nötig wurden (Abb. 7). Dies traf auf die Fangaktionen zu, also das Aufstellen und, anderntags, Einsammeln der Fallen. Da hierfür je Fangnacht ca. 180 Minuten veranschlagt werden mussten, war der zeitliche Aufwand für die Bahnmitarbeiter bei insgesamt 13 Fangaktionen (zwölf am Hauptbahnhof, eine auf dem Werksgelände der DB-Netz-AG) nicht unbeträchtlich. Zu den Aufgaben der Bahnbediensteten, deren Stützpunkt etwa 200 m östlich vom HBF entfernt liegt und damit fußläufig erreichbar war, zählte neben der Zuweisung der von mir ungefähr vorausgesuchten Fallenstandorte die Funk-Absprache mit der Verkehrsleitstelle des HBF, die erst nach Prüfung des zeitlichen Abstands zur nächsten Zügeinfahrt „grünes Licht“ für das Betreten des angepeilten Gleiskörpers geben konnte. Mehr noch: Die Benutzung von Säugetierfallen, zumal ihre

Einbringung – im Idealfalle mit dem beabsichtigten Inhalt – kann bei Unbeteiligten Misstrauen wecken. Neugierige sollten davon abgehalten werden, nach den relativ auffälligen Kastenfallen zu sehen, die da von „irgendwelchen Leuten“ (= Forschern) am Bahnhof verteilt worden waren. Nicht zu unterschätzen ist daher der professionelle Anstrich, den eine Fallenaufstellung am HBF bekommt, wenn die Wissenschaftler von Fachleuten der Bahn in entsprechender Montur begleitet werden. Dieser Hinweis ist nicht trivial, denn Feldökologie findet nur selten unter den Augen der Öffentlichkeit statt. So ist hier ein kurzer Verweis auf die allgemeine Sicherheitslage seit dem 11. September 2001 am Platz, da der

Terrorismus unserer Zeit seine Aktivitäten bevorzugt auf öffentliche Verkehrsmittel konzentriert. Glücklicherweise haben die bestehenden Sicherheitsvorkehrungen unsere Arbeiten am Hauptbahnhof von Essen nicht behindert (unsere Studie stellte auch keinerlei Sicherheitsrisiko dar!). Für kurze Zeit (Winter 03/04, Frühjahr 2004) bezogen wir allerdings auch den Hauptbahnhof von Düsseldorf in die Studie ein. Die meisten diesbezüglichen Ergebnisse sind nicht fundiert genug, um in dieser Dissertation erläutert und bewertet werden zu können. Interessant war gleichwohl, dass wir dort während der ersten ethologischen Observationen sofort als „Nicht-Fahrgäste“ erkannt und dem Bahnhofsmanagement gemeldet wurden. Wir konnten daher in Düsseldorf, das in seiner Funktion als Landeshauptstadt möglicherweise besonders strenge Sicherheitsrichtlinien ausgegeben hat, nur nach vorheriger Anmeldung beim Bahnhofsmanagement tätig werden.

Es sei hier beiläufig erwähnt, dass der Teil der vorliegenden Studie, der sich nicht auf das reine Beobachten beschränkte, sondern Fangaktionen einschloss, heute auch in Essen möglicherweise gar nicht mehr durchgeführt werden könnte. In den Jahren 2001 bis 2004, als die Hauptzahl der Fangaktionen stattfand, war die Personaldecke der DB-Netz AG noch deutlich dicker als in der Folgezeit. Ein Umstand, der sich bei den letzten Fangterminen 2005 am HBF bemerkbar machte, als eine spontane Zusammenkunft von einem Tag auf den anderen nicht mehr möglich war. Trotz bisweilen kundgetaner milder Kritik an der von uns eingeforderten zeitlichen Sonderbelastung haben uns die Bahnmitarbeiter tatkräftig unterstützt. Ich möchte darum bereits an dieser Stelle meinen Dank für ihre Hilfsbereitschaft ausdrücken.

Die Einschränkungen der Feldarbeit an einem in den normalen Fahrbetrieb eingebundenen Bahnverkehrsknotenpunkt standen auch in anderer Hinsicht den gewöhnlichen Zielen einer Freilandstudie entgegen. Erhebungen zur Nahrungsökologie eines Säugetiers gründen sich häufig auf Untersuchungen des Mageninhalts (z.B. WATTS 1968, GREEN 1979), weshalb zumeist Totschlagfallen benutzt werden. Unsere Bahnhofsfänge waren aber zu „wertvoll“, um diesen Fallentyp benutzen zu können. Da das Gewebe der Waldmäuse für die histologischen Studien fixiert werden musste, kam nur die kontrollierte Tötung der Tiere im Labor in Frage. Überdies galt es, Aufsehen durch das Einsammeln toter Mäuse in Bügelfallen zu vermeiden. Hieran hatten die Bahnarbeiter, stellvertretend für ihren Arbeitgeber, ein ausdrückliches, im Sinne einer positiven Außendarstellung bestehendes Interesse. Weil also die Waldmäuse zum Zeitpunkt ihrer Verbringung in den Präparationsraum der Zoologischen Abteilung bereits mehrere Stunden (je nach ausgehandeltem Termin bis > 12 h) in den Fallen verbracht hatten, waren Magenuntersuchungen nicht mehr sinnvoll.

Eine klassische Methodik zur individuellen Kennzeichnung, derer man sich in Nagetierstudien bedient, ist das Amputieren von Finger- und/oder Zehengliedern (*toe-clipping*) (KORN 1987). Dieses bewährte, unter modernen Tierschutzaspekten aber nicht unproblematische Verfahren funktioniert allerdings nur in Kombination mit der Fang-Markierung-Wiederfang-Technik („capture-mark-recapture“) oder der Benutzung von „Tritt-

Tafeln“, welche die Fährten der Tiere, und damit ihre kennzeichnenden Verstümmelungen abbilden („tracking cartons“, BROWN 1969). Beide Anwendungsformen schieden am Essener Hauptbahnhof aus. Fangtermine und Aussetztermine wären in regelmäßigen Abständen nicht zu bekommen gewesen. Die „normalen“, sporadischen Verabredungen mit uns stellten schon eine genügende Belastung für den engen Terminkalender der Mitarbeiter der DB-Netz AG dar. Die Anpassung ihres Arbeitsplans an die Erfordernisse ökologischer Feldstudien wollten sie nicht mit sich machen lassen. Die Platzierung und wiederholte Ablesung von „Tritt-Tafeln“ im Gleis war erst recht nicht durchführbar. Eine modernere, indes finanziell aufwändige Alternative wäre die Telemetrie, die Ausstattung der Mäuse mit Sendern gewesen („radiotracking“, MONTGOMERY & GURNELL 1985). Dieses Verfahren hätte wahrscheinlich Erfolg mit sich gebracht. Aber es sprachen einige Umstände dagegen: Sender mit kleinen Drahtantennen sind problematisch, da die Tiere in elektrischen Anlagen herumlaufen – die Gefahr mag gering sein, nach unserer Einschätzung hätte das Bahnpersonal aber nicht zustimmend reagiert. Auch „antennenlose“ Sender bedeuten jedenfalls ein elektrisch wirksames Material in einer von Sicherheitsbestimmungen geregelten Umwelt. Da die Waldmäuse auch Kabeltunnel oder Spalten elektrischer Anlagen aufsuchen (→ Kap. 2.1.3) musste von unserer Seite diesen Regeln Rechnung getragen werden. Um nicht das gesamte Forschungsprojekt bei der Deutschen Bahn in Misskredit zu bringen und damit zu gefährden, unterließen wir jeden Vorstoß in diese Richtung.

Trotzdem versuchten wir eine individuelle Markierung gefangener Waldmäuse zu erreichen. Hierzu wurden Käfigtiere vom HBF wie aus Vergleichshabitaten nacheinander experimentell mit Tierfarbe besprüht (wie sie sich in der Viehhaltung bewährt hat) oder mit von uns entworfenen farbigen Stoffmarken an der Kopfoberseite beklebt oder aber mit bunt lackierten Kabelbindern um den Hals versehen. Alle diese Versuche einer individuellen Kennzeichnung, die sich aus einigen Metern Entfernung in einem schwach beleuchteten Gebiet noch hätte erkennen lassen, scheiterten. Viele beprobte Mäuse entfernten auf das Kopffell geklebte Stoffplättchen oder Kabelbinder im Laufe einer Nacht oder weniger Tage. Wir hatten daher keinen Zweifel, dass eine kostspielige Verwendung von Halsbandsendern, wiewohl bereits erfolgreich bei *Apodemus* spp. durchgeführt (z.B. WOLTON & TROWBRIDGE 1985, DE MENDONÇA 1999), auch im Lichte dieser Erfahrung für unser Vorhaben ausschied, da nicht einmal die Chance bestand, verlorengegangene Sender auf dem Gleis oder gar in eisenbahntechnischen Installationen wiederzufinden. Auch das Farbspray aus der Nutztierhaltung (RAIDEX[®], Dettingen/Erms, Deutschland) leckten die Waldmäuse in nicht einmal einer Woche komplett aus dem Fell (was den Urin entsprechend kolorierte). Ein Nebenerfolg war es immerhin, diese Markierungsfarbe in die Zoologische Abteilung der Universität Duisburg-Essen eingeführt zu haben, die seither in der Erforschung von Graumullen (*Fukomys* spp.) eine wichtige Rolle spielt, indem sie die Individuen bei Videoaufnahmen unterscheidbar kennzeichnet.

Zum Schluss sei noch eine weitere, die Feldforschung einschränkende Eigentümlichkeit des Forschungsgebietes angeführt. An den ethologischen Vor-Ort-Studien

(von Februar 2003 bis August 2004) waren außer mir vier Studierende beteiligt. Drei von ihnen kamen aus anderen Regionen des Ruhrgebiets, so dass sich ihre nächtlichen Einsätze am HBF Essen auf wenige Termine beschränkten. Übrig blieb eine Studentin aus Essen. Der Bahnhofsbereich einer Großstadt ist im Vergleich zu Landschaften, die für zoologische Untersuchungen in Mitteleuropa eher typisch sind, nachts ein für Forscherinnen suboptimaler Arbeitsplatz. Die allermeisten nächtlichen Begehungen belasteten somit das Zeitkonto des Verfassers.

Neben diesen Nachteilen der Arbeit an einem großstädtischen Hauptbahnhof, bietet sich dem Freilandzoologen aber auch ein fundamentaler Vorzug gegenüber naturnäheren Lebensräumen: die Übersichtlichkeit. Auf die Gegebenheiten der Vegetation und anderer sichtbehindernder Strukturen wird noch einzugehen sein (→ Kap. 3.3.1 und 2.1.3). Die Situation ist aber, was die Erfordernisse von Direktbeobachtungen angeht, besser als in den unterholzreichen „gängigen“ Biotopen der Waldmaus. Überdies gibt es eine zwar schwache, jedoch brauchbare ständige Beleuchtung. Die Illuminierung des Gleiskörpers am HBF ist ein Nebenprodukt der Bahnsteigbeleuchtung. Physikalische Messungen mit einem entsprechenden Gerät (Light Meter LI-250, LI-COR Inc., Lincoln Nebraska mit Quantum Sensor LI-190SA) erbrachten Photonenmengen auf den Gleisen von, 0,1-0,15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$; auf dem Bahnsteigpflaster lagen die Werte zwischen 0,3 und 0,6 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$. Nächtliche Vergleichsmessungen in Parks ergaben, dass schon bei einer Entfernung von rund 20 Metern zur nächsten Beleuchtungsquelle (Laterne) die Messempfindlichkeit des Gerätes unterschritten wurde. Es herrschte dann immer noch ein Dämmerlicht vor, das die Beobachtung eines sich bewegenden Kleinsäugers, nicht aber dessen Artidentifikation, erlaubt hätte. Die Lichtempfindlichkeit des menschlichen Auges ist also höher als jene der Messapparatur. Anzumerken ist, dass der Sensor des Lichtmessers für die Ermittlung des photosynthetisch wirksamen Lichts (PAR: Photosynthetically Active Radiation) spezifiziert war, also für den Wellenbereich von ca. 400–700 μm . Diese Spanne entspricht knapp der Wahrnehmungsfähigkeit des Menschen und übertrifft jene der Waldmaus, wenngleich, wie es für Augen typisch ist, die Perzeption artspezifisch mit nicht-gleichbleibender Empfindlichkeit über das gesamte Spektrum abläuft (vgl. SZÉL et al. 1994; PEICHL & MOUTAIROU 1998). Mäuse nehmen langwellige Anteile des Lichtspektrums über 600 nm nicht oder kaum wahr. Ein Grund dafür, dass z.B. GARSON (1975) seine Direktbeobachtungen freilebender Waldmäuse unter Rotlicht vornehmen konnte.

Die künstliche Beleuchtung am HBF Essen besteht aus Leuchtstoffröhren. Ist die Spektralcharakteristik der Lichtquelle bekannt, kann eine brauchbare Umrechnung in die bekannte photometrische, auf die Eigenschaften des menschlichen Auges bezogene Einheit Lux erfolgen. Demzufolge betrug die Lichtmenge am Gleis näherungsweise: 0,1-0,15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ \times 74 = 7-11 Lux, wobei 74 der für weiße Neonröhren gültige Umrechnungsfaktor ist (vgl. ALLCAT INSTRUMENTS, Internet). Zum Vergleich: Das volle Sonnenlicht liefert je Sekunde 2.000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$, das entspricht, bei einem solaren Umrechnungsfaktor von 54, 108.000 Lux (vgl. REITMEYER, Internet).

2 Abiotische Habitatfaktoren

2.1 Habitatstrukturen und Zugverkehr

2.1.1 Einleitung

„To avoid detection, both mice and voles make full use of the cover provided by their habitat or by darkness.“ (KING 1985, S. 226). Waldmäuse benötigen in ihren natürlichen Lebensräumen Deckung und Versteckmöglichkeiten, also vor allem lockere Böden zur Anlage der Gangsysteme (JENNINGS 1975, MONTGOMERY & GURNELL 1985) oder bereits bestehende natürliche Spalten, z.B. in/zwischen Gestein (KHIDAS et al. 2002). Dies ist sicher auch ein Grund für ihr bevorzugtes Vorkommen in Saumhabitaten (TELLERÍA et al. 1991, REUTTER et al. 2003), wo die euryöken Tiere die besonders vielfältigen Umwelteinflüsse auf günstige Weise „kombinieren“ können (z.B. bietet ein Waldrand des dichten Strauch- und Graswuchses wegen einerseits Deckung, andererseits, infolge der Waldbäume, Nahrung, etwa Eicheln und Bucheckern). Die trophische Situation der Bahnhofsmäuse ist, wie wir in Kap. 3.3.3 noch sehen werden, gut. Wie verhält es sich mit den Rückzugsmöglichkeiten?

Zu den ökologischen Einflussgrößen am HBF Essen zählen selbstverständlich auch die Züge. Sie emittieren Lärm (→ Kap. 2.2), können Schmier- oder Treibstoffe (Dieselloks) verlieren und stellen einen mechanischen Einfluss dar, sei es durch direkten Kontakt mit dem Gleis und darüber vermittelte Vibrationen, sei es durch die lokal wirksame Generierung von Luftbewegungen (Fahrtwind).

2.1.2 Material und Methoden

Die Aufnahme der Daten erfolgte wie in Kapitel 1.3 beschrieben durch systematische oder anekdotische Protokolleinträge. Für die Ermittlung des Zugverkehrs wurde der Sommerfahrplan 2003 der Deutsche Bahn AG für den Hauptbahnhof Essen ausgewertet. Details des Fahrplans ändern sich, die Größenordnungen bleiben bestehen und dürften für die ganze Zeit der Freilandstudien am HBF Gültigkeit besitzen.

Es sei angemerkt: Die technische Seite des Bahnverkehrs, die Lokomotiven und Waggonen, ihre Kenndaten und Leistungsmerkmale, bildet einen eigenen „Kosmos“ für Eisenbahnenthusiasten. Dieser Hinweis ist nicht trivial, denn die Zugtypen gehören nach Technik und Alter differenzierbaren Gruppen an, sind individuell verschieden, müssen sich also auch unterschiedlich auf die gleisbesiedelnden Organismen auswirken, und „verhalten“ sich somit eher wie biotische Umweltfaktoren. Ich kann darauf in dieser Arbeit nicht erschöpfend eingehen, doch werden ab Kapitel 2.2 zumindest die akustischen Aspekte ausführlicher behandelt.

2.1.3 Ergebnisse

Als Laufweg nutzt *A. sylvaticus* vorzugsweise den Schienenfuß (Abb. 8), vor allem, wenn die Tiere schnell vorankommen „wollen“. Es ist auch sonst üblich, dass sich die Waldmäuse nahe der Schiene aufhalten, um sich immer wieder darunter zu verbergen, z.B. dann, wenn sich auf dem Bahnsteig über ihnen Menschen bewegen. Häufig laufen sie in zickzackartiger Weise von einer Schienenseite auf die andere und nutzen dabei die Durchlässe zwischen den Schwellen, wo die Schiene nicht dem Boden aufliegt. Bei verschiedenen Gelegenheiten sahen wir die Mäuse in Schlupfwinkeln verschwinden. Es handelte sich jeweils um für einen Bahnhof typische Strukturelemente (Abb. 9-15): Versorgungskästen (vierzehnmal beobachtet), Prellböcke an Kopfgleisen (9x), Weichenstellmechanik und Signalschaltkästen (6x), Kabeltunnel aus Betonplatten o.ä. (6x), Müll (3x), Bodenplatten (2x), Mauerritzen (2x), außerdem Induktionsmagneten, Bodenlöcher an Schwellen, Gesteinshaufen. Einmal konnte ein Nest direkt bestätigt werden (Tagesversteck): Die Waldmaus entwich einem aus Grashalmen „geflochtenen“ Nest unter einem ausrangierten Metallschild, welches ich während des Aufstellens von Fallen umgewendet hatte. Abfälle (Zeitungen, Flaschen und Dosen, Pappgeschirr, Plastiktüten) zählen ebenfalls zu den als Versteckmöglichkeiten genutzten Elementen, obschon in Einzelfällen nicht zu entscheiden war, ob die Mäuse darunter Schutz oder Nahrung suchten. Selbstverständlich zählt die Vegetation ebenfalls zu den Deckung (und Nahrung) gebenden Elementen.

Der Zugverkehr am HBF Essen ist erheblich und das unterscheidet diese Untersuchung von anderen, die auf stillgelegten bzw. nur schwach oder jedenfalls nicht regelmäßig frequentierten Gleisanlagen stattfanden (z.B. BRANDES 2002b, 2004b, ROLL 2004). In der Woche fahren ca. 5.000 Personenzüge ein und aus (gemäß Auswertung des DB-Sommerfahrplans 2003 waren es genau 4.984). Diese Zahl wird freilich durch nicht erfasste Zugdurchfahrten (Leer- und Güterzüge) nochmals erhöht. Die Abbildungen 16-18 stellen den Verkehr graphisch dar und zwar ganztägig und zu den Aktivitätszeiten der Waldmäuse.

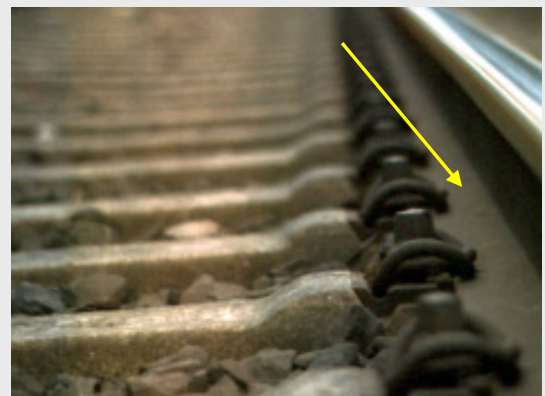


Abb. 8: Die Gleismausperspektive. Der Pfeil bezeichnet den Schienenfuß, die Laufbahn, die den Mäusen ein hindernisloses Fortkommen, Wandkontakt und Deckung bietet. Ebenfalls abgebildet sind Betonschwellen und Verbindungsschrauben.



Abb. 9-15: Räumliche Habitatstrukturen der Waldmaus am HBF Essen. Im Bereich der Prellböcke an Kopfgleisen, unter elektrischen Steuereinheiten für Weichen- oder Signalanlagen (von mir zu „Gleisinstallationen“ zusammengefasst), in Mauerritzen (Abb. 11) oder Kabeltunneln (Abb. 12) findet *A. sylvaticus* (oder ggf. *Mus* spp.) an Bahnhöfen viele Unterschlupfmöglichkeiten. Die Signalanlage auf Abbildung 15 war übrigens ein besonders ergiebiger Fangort.

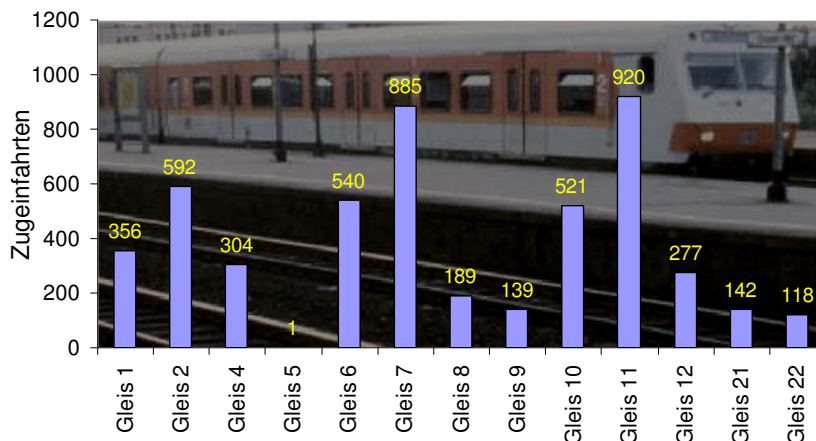


Abb. 16: Wöchentliche Zugeinfahrten (ganztägig) am HBF Essen.

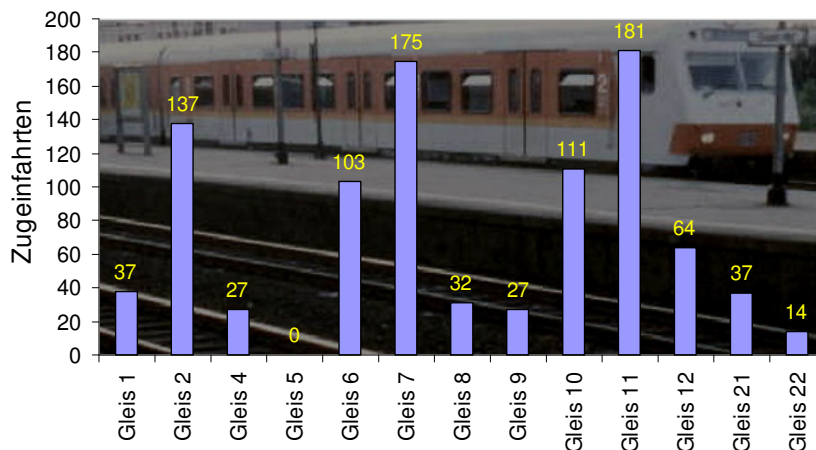


Abb. 17: Wöchentliche Zugeinfahrten (21-6 Uhr). Die Werte sind auf MEZ umgerechnet worden, das bedeutet, dass z.B. die Züge, die im Sommerhalbjahr bei MESZ von 22-23 Uhr fahren, auf die Stunde von 21-22 Uhr umgelegt wurden.

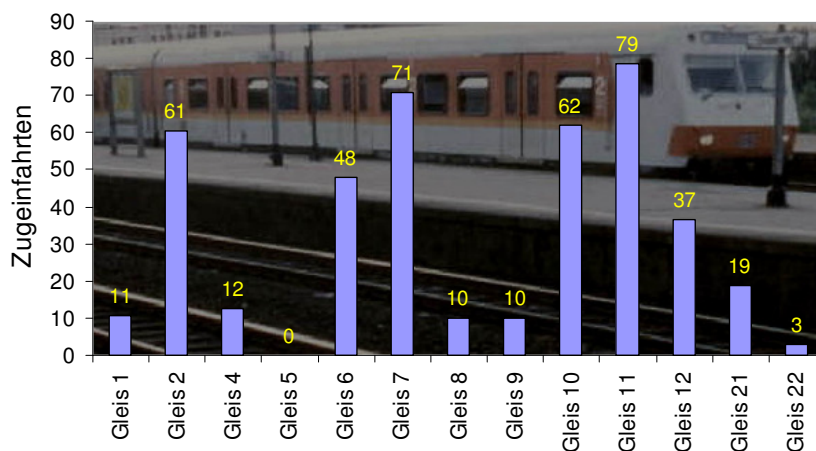


Abb. 18: Wöchentliche Zugeinfahrten (22-4 Uhr, MEZ).

2.1.4 Diskussion

„Die Heterogenität der Bodenbedeckung ist deutlich besiedlungsförderlich. Zu den Strukturelementen gehören auch Holz, Stroh und Schuttdeponien.“ (SCHRÖPFER 1984b, S. 240). Dem ist etwas hinzuzufügen, wie wir gesehen haben. Neben der teilweise doch recht umfangreichen Vegetationsdecke, die selbstverständlich ebenfalls als Sichtschutz genutzt werden kann, bietet der Bahnhof genügend Strukturelemente, die der Waldmaus eine dauerhafte Besiedlung erleichtern sollten. Die Versteckmöglichkeiten am HBF sind



Abb. 19: Rückzugsmöglichkeiten für kleine Muridae sind an Bahnhöfen vorhanden, hier eine Weichenstellanlage, in deren Schutzgehäuse eine Waldmaus nächtens vor dem Feldbiologen flüchtete. (Aufnahmen desselben Ortes am HBF Essen zu verschiedenen Zeiten)

mannigfach, der Strukturereichtum ist als hoch zu bewerten (Abb. 9-15, Abb. 19). Wie gesagt, gebrauchen die Tiere als Laufweg vorzugsweise den Schienenfuß (Abb. 8), denn er bietet den geringsten „Raumwiderstand“ (HEYDEMANN 1957) und zudem Wandkontakt. Es dürfte den Waldmäusen gleichgültig sein, ob sie in Wäldern und Parks unter Totholz oder am Bahnhof eben in Kabeltunneln Zuflucht suchen oder in Mauerspaltan ihr Nest bauen. Eine interessante Beobachtung zur

Raumnutzung von *A. sylvaticus* in stark anthropogenisierter Umwelt teilen DICKMAN & DONCASTER (1987) mit. Die Besiedlungsdichte der Waldmaus korrelierte negativ mit den Anteilen der Wege und des unfruchtbaren Bodens (in Oxford), dagegen gebe es einen positiven Einfluss der Vegetationsdichte in 20-50 cm Höhe. Dieser Zusammenhang wurde von uns vordergründig nicht gefunden. Aber: Deutet man die Pflanzendecke in ihrer von den Gleismäusen genutzten Funktion nicht biotisch (z.B. als Futter- und Wasserquelle) sondern eher abiotisch-physikalisch (eben als Deckung), dann fällt es leicht, die zahlreichen auf den Gleisen befindlichen technischen Strukturen als Äquivalente zur Schutz bietenden Vegetation zu interpretieren. SCHRÖPFER (1984b) und KHIDAS et al. (2002) weisen darauf hin, dass *A. sylvaticus* vorhandene Hohlräume zu nutzen weiß, ob in oder an Holz oder Stein. Hat die Waldmaus die Möglichkeit, dann baut sie ihre Gänge entlang stabiler, massiver Strukturen, z.B. Fels (KHIDAS & HANSELL 1995, KHIDAS et al. 2002). Einige der „Gleisinstallationen“ am HBF, dazu zählen die Prellbockgestänge (Abb. 9, Abb. 39), sind als Sichtschutz denkbar. Sie können als künstliche Analogien zu Reisighaufen oder dem Astwerk umgestürzter Bäume aufgefasst werden. Andere Strukturen, vor allem Kabeltunnel, Gleiskästen oder Mauerspaltan, sind massiv, geschlossen und, sofern sie mindestens zwei Eingänge haben, potenziell nestbaueeignet. Von Felsspaltan abgesehen, haben sie in der

„freien Natur“ keine Entsprechung und könnten von größeren Beutegreifern wie Fuchs und Marder, anders als etwa Erdhöhlen (KING 1985), nicht grabend erweitert werden. Waldmaustunnels besitzen wenigstens zwei Ausgänge (JENNINGS 1975), es dürfen keine Sackgassen sein. Ständige Nester wären mithin am HBF Essen nicht in einfachen Mauerspalt und ähnlichem zu erwarten, eher schon in Kabeltunneln. Nestbaumaterial, natürlicherweise Blätter, Moos, trockenes Gras (JENNINGS 1975), steht den Mäusen am Bahnhof durchaus zur Verfügung, seien es Pflanzenteile oder Müll, etwa Zeitungen. Die von uns für ethologische Versuche gehaltenen Waldmäuse nutzten ohne Probleme Papier oder Pappe in diesem Sinne. KHIDAS & HANSELL (1995) beschreiben, dass Waldmäuse normalerweise die verschiedenen Mündungen ihres Tunnelsystems immer wieder verändern, d.h. schließen und an anderer Stelle erneut öffnen, um so möglicherweise Beutegreifer zu verwirren. Denkbar ist derlei am Bahnhof auch, wo Spalten z.B. durch Abfallpapier o.ä. verfüllt werden könnten. Wir haben dafür jedoch keine Belege gefunden.

SCHRÖPFER (1984b) weist explizit auf die Neigung von Waldmäusen hin, im Winter in Gebäude vorzudringen. Er vermutet, „daß sie erst dann die Einwanderungsbereitschaft zeigen, wenn die Regengüsse sie zum Verlassen ihrer Baue zwingen.“ (ebd., S. 241). Dieses Verhalten werde durch die Bodenbeschaffenheit bestimmt und sei mithin auf durchlässigem, versickerungsförderndem Grund nicht sehr ausgeprägt. Gleisschotter ist nachgerade dafür da, Regenwasser abzuleiten (TRUTE 2006). Dies gilt auch dann noch, wenn diese technische Eigenschaft durch Pflanzenbewuchs (Sedimentation), wie am HBF der Fall, eingeschränkt wird. Staunässen oder gar Überflutungen sind an Bahnhöfen nicht zu erwarten.

Selbst wenn man davon ausgeht, dass der Prädationsdruck am HBF Essen gering ist, so haben die Waldmäuse ihre vorsichtige Lebensweise nicht (völlig) geändert. Sie reagierten auf uns als Beobachter, sobald wir uns bemerkbar machten, mit Flucht (→ Kap. 4.3). Und natürlich sind Deckung gebende Strukturen auch intraspezifisch bedeutsam, um dominante Tiere oder einfach Nahrungskonkurrenz zu vermeiden. Auch deshalb wohl tragen Waldmäuse ihr Futter häufig vom Fundplatz zu einem geschützten Ort, um sie dort zu verzehren (NIETHAMMER 1978) oder legen in ihren Gangsystemen Futterkammern an (JENNINGS 1975). Den Transport und das Verstecken von Nahrung konnten wir auch am HBF beobachten (→ Kap. 3.3.3), manchmal war das Transportgut auffälliger als die farblich angepasste Maus, man sah dann aus der Entfernung sozusagen ein Brötchen über das Gleis wandern.

In diesem Zusammenhang ist die von STOPKA & MACDONALD (2003) erstmals beschriebene Einrichtung von Wegmarken durch *A. sylvaticus* bemerkenswert. Bereits bei Untersuchungen im Freiland waren den Autoren Ansammlungen kleiner Objekte (z.B. Blätter, Zweige) aufgefallen, die offensichtlich von den Waldmäusen platziert worden waren. Ob es sich dabei um künstliche, tragbare Landmarken handelte, sollte sich in Arenaexperimenten herausstellen. Tatsächlich wussten die Versuchstiere Plasticscheiben in einer Weise anzuordnen, die als Hilfe bei der visuellen Raumorientierung interpretiert werden

musste. Dieses Verhalten sei, so die Autoren, insbesondere in homogenen (monotonen) Habitaten als vorteilhaft zu bewerten, zumal bei einem schreckhaften, stets fluchtbereiten Tier wie es *A. sylvaticus* ist. Für eine Waldmaus gelte es nach der erfolgreichen Flucht vor einem Beutegreifer möglichst schnell vom während der Flucht aufgesuchten Unterschlupf wieder auf den ursprünglichen Pfad zurückkehren zu können. Die im Lebensraum verteilten Landmarken hülften dabei und hätten, anders als olfaktorische Markierungen, überdies den Vorteil, Prädatoren wie dem Fuchs keine verräterischen Hinweise zu geben. Prinzipiell ist es leicht denkbar, dass auch die Gleismäuse solche Markierungen benutzen. Wenn ja, dann fielen sie uns nicht auf, allerdings suchten wir auch nicht gezielt danach. Hier könnten künftige Beobachtungen am Hauptbahnhof eine Antwort geben. Von den Mäusen nutzbare Gegenstände (z.B. Kronkorken, Zigarettenstummel) wären jedenfalls in großer Zahl vorhanden. Freilich spricht die klar gegliederte (Schiene, Gleisinstallationen), stabile (von Jahreszeiten weitgehend unabhängige) räumliche Umwelt der Gleisanlagen nicht für eine ausgeprägte Notwendigkeit des hier angesprochenen Markierungsverhaltens.

Abschließend gilt es zu bedenken, dass der Zugverkehr aufgrund seiner Lärmemissionen, Vibrationen und Luftturbulenzen für *A. sylvaticus* zwar nicht als akute Lebensgefahr, aber doch zumindest als Stressor zu werten ist. Auch diesen negativen Umweltreizen vermag die Waldmaus am Bahnhof auszuweichen, indem sie das in diesem Kapitel genannte und gezeigte Angebot an Gleisstrukturen nutzt, Unterschlupf zu finden. Es wird noch im Kapitel 2.2.4 anzusprechen sein, wie günstig sich die nächtliche Lebensweise von *A. sylvaticus* und die (überwiegend) diurnale Aktivität des Menschen (und Bahnkunden!) ergänzen. Die Abbildungen 16-18 verdeutlichen freilich schon jetzt, dass der von den Zügen ausgehende Umweltstress sozusagen „negativ korreliert“ mit dem Auftreten der Gleismäuse. Die zeitliche Einnischung von *A. sylvaticus* ist in diesem Sinne eine gute Präadaptation an das Habitat Bahnhofsgleis.

2.2 Zur Lärmsituation am Hauptbahnhof

2.2.1 Einleitung

In dem bekannten Volkslied „Auf der Schwäb'sche Eisenbahn“ (ca. 1850) wird ein Bauer besungen, der seinen Ziegenbock mit einem Strick „am hinteren Wagen“ eines Zuges anbindet, offenbar in der Annahme, das Tier könne mit der Geschwindigkeit des neumodischen Fahrzeugs mithalten. Der schwäbische Landwirt selbst macht es sich im Abteil bequem, bevor er am Ende seiner Reise wütend feststellen muss, dass das Tier die Fahrt nicht überlebt hat: „[...] findet er nur Kopf und Seil an dem hintern Wagenteil“. Diese Fallschilderung der potenziell letalen Konsequenzen eines anthropogenen Ökofaktors auf eine domestizierte Spezies der artiodactylen Bovidae darf als erster breitenwirksamer Bericht über die Risiken des Eisenbahnverkehrs für Säugetiere gelten.

Im Blickpunkt dieses Teils meiner Arbeit stehen allerdings über das Hörsystem aufgenommene bzw. auf das Hörsystem einwirkende potenzielle Schadreize. Die komplizierten physikalischen Zusammenhänge der Akustik vereinfache ich an dieser Stelle. Weiterführende Informationen halten zum Beispiel die Werke von MIRAM & KRUMWIEDE (1985), HOFFMANN & LÜPKE (1990) oder HECKL & MÜLLER (1995) bereit.

Schallereignisse sind, allgemein gesprochen, sich in einem elastischen Medium, dem Schallträger, wellenförmig ausbreitende Schwingungen, die schließlich vom auditiven System eines Organismus oder einem Messapparat wahrgenommen werden können. Für terrestrische Organismen übernimmt in der Regel Luft die Brückenfunktion und trägt die longitudinalen Schallwellen, diese Abfolgen von Dichteschwankungen der schwingenden Luftsäule, zum Hörorgan. Die Wellenlänge ist die Strecke einer vollständigen Wellenbewegung, die Anzahl dieser Wellenbewegungen pro Sekunde wird als akustische Frequenz (in Hz) bezeichnet. Die einfachste Schallwelle bildet sich (im Oszilloskop) als Sinuskurve ab, es handelt sich um eine regelmäßige Wellenform, um einen Reinton. Reintöne (Sinustöne) kommen in der Natur praktisch nicht vor. Üblich sind dagegen Klänge und Geräusche. Erstere weisen einen Grundton auf, der in höheren Frequenzen von Obertönen (ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz) überlagert wird, die Analyse per Oszilloskop bringt einen schon komplexen („gezackten“), aber aus wiederkehrenden Elementen bestehenden Kurvenzug hervor. Geräusche sind ein unregelmäßiges – unharmonisches – Gemisch von Schwingungen unterschiedlichster Frequenzen.

Neben der klanglichen Eigenschaft wird eine Schallwelle von der Amplitude charakterisiert, dem größten Ausschlag der Schwingung. Im besprochenen Zusammenhang ist das die Differenz von normalem, atmosphärischem Luftdruck zum Maximum (Wellenberg) oder Minimum (Wellental) der Schallwelle. Die Amplitude wird von der eingesetzten Energie bestimmt. Der Schalldruck ist dabei jene Größe, die durch die Verdichtung der Luftmoleküle zusätzlich zum aktuellen Luftdruck entsteht. Vereinfacht, und im Sinne der Akustik nicht ganz korrekt, jedoch praktikabel umgesetzt, bestimmt der Schalldruck die Lautstärke. Je höher er ist, desto stärker sind die durch ihn evozierten Potenziale im Sinnesepithel des Ohrs und desto lauter folglich ist der Höreindruck. Der vom menschlichen Gehör (frequenzabhängig!) wahrnehmbare Schalldruck beginnt bei ungefähr 20 μPa (= 0,00002 Pa, absolute Hörschwelle, p_0) und endet im Bereich von ~ 100 Pa. Ab dieser „Schmerzschwelle“ ist die Perzeption deutlich beeinträchtigt, Verzerrungen treten auf, das Verhalten wird auf Vermeidung ausgerichtet. Der Schalldruckpegel (im Folgenden auch kurz Schallpegel genannt) wird in Dezibel (dB) angegeben, dabei handelt es sich um eine Pseudoeinheit, einen relativen Wert, der in Gegenwart eines aktuellen Schalldrucks einen Bezugsschalldruck benötigt. Das ist p_0 , die Hörschwelle. Das dB ist Resultat einer Logarithmierung, die den Umgang mit den Werten praktikabel macht, da ja der vom Gehör normalerweise differenzierbare Schalldruckbereich einer enormen Größenordnung (um den Faktor 10^6) unterliegt. Die Formel lautet: Schalldruckpegel (dB) = $20 \cdot \log(p/p_0)$, mit p = aktueller Schalldruck. Programme, die Schalldruck (Pa) in Schalldruckpegel (dB) und vice

versa umrechnen, gibt es auch online im Internet (z.B. <http://www.sengspielaudio.com/Rechner-schallpegel.htm>). Zu beachten ist, als Konsequenz der beschriebenen mathematischen Verarbeitung, dass bereits eine Steigerung des Pegels um 6 dB die Verzweifachung des Schalldruckes bedeutet (der Mensch *empfindet* allerdings erst eine Erhöhung um ca. 10 dB als Verdopplung einer Ausgangslautstärke). Gemäß den oben genannten Zahlen liegt mithin die Hörschwelle bei 0 dB, die Schmerzschwelle um 134 dB. Diese Angaben sind freilich Normwerte, denn p_0 ist keine naturgesetzlich festgelegte Größe, sondern das Resultat von Messreihen an Testpersonen. 20 μPa sind ein sehr geringer Wert, aber eben doch nicht gleich null! Wahrscheinlich gibt es Menschen, die fähig sind, noch geringere Schalldrücke akustisch wahrzunehmen, und gewiss ist davon auszugehen, dass es manche Tiere können. Es sei nur am Rande notiert, dass jedes Ohr, auch das gesunde, ein Filter ist, die Perzeption verläuft nicht über alle Frequenzen gleichgut, sondern ist den biologischen Erfordernissen angepasst. „Seine höchste Empfindlichkeit liegt bei 3 kHz; nicht ohne Grund brüllen Babys bevorzugt auf dieser Frequenz.“ (HARTEN 1999, S. 128). Diese Aussage ist auf das menschliche Ohr gemünzt. Doch liegen die Verhältnisse bei Mäusen (*Mus domesticus*) prinzipiell ganz ähnlich, wo die erwachsenen Tiere ein relatives Maximum ihres Hörvermögens in jenem Bereich aufweisen, in dem die Jungen rufen (etwa 50 kHz, MARKL & EHRET 1973, EHRET 2001).

Nun zurück zur Studie und zum Lärmbegriff, den HOFFMANN & LÜPKE (1990) auf eine knappe Formel bringen: „Lärm ist Schall, der stört oder schädigt.“ Es handelt sich also erst einmal, solange diesseits der Schmerzschwelle physikalische Beschädigungen des auditiven Systems nicht eindeutig bestimmbar sind, um ein psychoakustisches Phänomen. Interessanterweise ist die Lärmsituation und -bekämpfung an einem Bahnhof offenbar allenfalls ein Randthema für die Eisenbahntechniker. In den Vorrecherchen zu unserer Lärmstudie, die ich für diesen Abschlussbericht nochmals aktualisiert habe, wurden drei bedeutsame Fachjournale komplett durchgesehen und auf relevante Artikel geprüft. Es waren dies der „Eisenbahningenieur“, die „Eisenbahntechnische Rundschau“ und die „Zeitschrift für Lärmbekämpfung“. Das Spektrum wissenschaftlicher Zeitschriften, welche die Gebiete Eisenbahn und Lärm in ihrem Themenkreis vereinigen, ist damit natürlich nicht komplett. Und doch ist das Ergebnis interessant: Von fast 3.800 Aufsätzen (ohne Kurzberichte oder Nachrichten) zwischen Januar 1990 und Dezember 2006 befassten sich lediglich 66 Artikel mit Schienenlärm (1,7%). Nur einer davon hatte überhaupt die Problematik der Lärmemission bremsender Züge an einem bestimmten Ort zum Inhalt – allerdings handelte es sich um einen Güterbahnhof (JÄGER 1991). In einem weiteren Bericht (WILLE et al. 2005) wurde der Bremslärm am Bahnsteig immerhin problematisiert aber nicht empirisch untermauert. Die weitaus meisten Lärmartikel mit Schienenverkehrsbezug thematisierten die Emissionen vorbeifahrender Züge auf offener Strecke (Abb. 20). Die Vermeidung dieses unter Umständen humanpathogenen Lärms ist ein durchaus bedeutendes ingenieurwissenschaftliches Betätigungsfeld (Stichworte „Feste Fahrbahn“, „Schienenbonus“, „Leise Bahn“, vgl. z.B. GIESLER 1998, JÄGER 2000, UDERSTEDT 2001,

KNOTHE & KIMPEL 2002, HARTLEBEN 2003, SCHULTE-WERNING et al. 2003). Hier wird viel Arbeit geleistet. Dagegen ist die Lärmentwicklung an Bahnhöfen, bzw. ihre mit Rücksicht auf



Abb. 20: Lärmmessung auf freier Strecke bei einem ICE. Beachte die aufwändige, spiralförmige Mikrofonbatterie. (aus WILLE et al. 2005)

die Bahnkunden wünschenswerte technische Minimierung, zumindest in den letzten 17 Jahren kaum Gegenstand öffentlichkeitswirksamer Publikationen gewesen.

Die Zoologie betritt also mit dem vorliegenden Abschnitt meiner Dissertation Neuland. Doch auch in Bezug auf lärmtechnische Studien ist er ungewöhnlich, und das durchaus nicht nur der verwendeten Technik wegen, die

sich mit den Möglichkeiten der Ingenieurakustik nicht messen kann und will, weil es mir lediglich auf einen ersten Einblick in die Situation ankam, auf die Ermittlung von Größenordnungen. Wie kommt *A. sylvaticus* als gleisbesiedelndes Säugetier mit den speziellen Umweltbedingungen zurecht, die ein geräuschvoller Eisenbahnbetrieb zwangsläufig erzeugt?

2.2.2 Material und Methoden

2.2.2.1 Lärmmessungen

Die Aufnahmen fanden an sieben Terminen zwischen Juli 2003 und Oktober 2005 bei trockenem und (fast) windstillem Wetter statt, um den Einfluss von Nebengeräuschen, etwa durch Nässe, zu minimieren.

Für die Messkampagne am HBF Essen standen ein DAT-Recorder (Sony TCD-D8, Samplingfrequenz 48 kHz) und ein Richtmikrofon (Sennheiser ME 66 mit Speiseadapter K6, Frequenzbereich von 40-20.000 Hz) zur Verfügung. Die Aufnahmeempfindlichkeit des DAT-Recorders wurde nach einigen Proben manuell eingestellt und für alle Aufnahmen beibehalten. Diese Ausrüstung erlaubte es, die Geräuschemissionen eines einfahrenden Zuges im Frequenzbereich von 0,05 bis 20 kHz verlustfrei (unkomprimiert) aufzunehmen. Die Standorte der messenden Person wechselten, lagen aber allesamt ungefähr in der Mitte der Bahnsteige des Kernbereichs wie er aus Abbildung 3 hervorgeht (an den zentralen Treppen oder unweit davon). Es ist klar, dass damit das vollständige Klangbild eines bremsenden Zuges nicht abgebildet werden kann. Dazu wäre es notwendig, mehrere Messstationen entlang der Strecke aufzubauen, oder, wenn man die Charakteristik einzelner Bremsen/Fahrgestelle erfassen wollte, am Zug mitgeführte Mikrofone zu installieren. Für unsere Belange reichte allerdings dieser singuläre Messpunkt aus, weil eine im Gleis

befindliche Maus, und deren Rolle sollte ja übernommen werden, einen Zug auch als sich bewegendes, vorüberfahrendes Objekt erlebt. Das bedeutet also, ein zu einem gegebenen Zeitpunkt am Platz der Maus (oder der Messperson) leiser Zug kann an anderer Stelle (weiter vorne oder hinten) durchaus große Schallpegel erzeugen – und vice versa, ganz so, wie auch bei einem Auto nicht alle Bremsen gleichzeitig quietschen müssen.

Alle akustischen Messungen am HBF Essen unternahm dasselbe Team, bestehend aus dem Aufnahmeleiter (cand. Dipl. Ökol. S. BIEN), der Mikrofon und DAT-Recorder



Abb. 21: Akustische Aufnahme am HBF Essen. Das Richtmikrofon zielt auf die bahnsteignahe Schiene. Nicht die auffliegende Taube steht im Fokus des zoologischen Interesses, sondern der einfahrende IC-Zug.

handhabte, und dem Protokollführer (Verfasser), der Zugtyp und Position festhielt und ggf. verhinderte, dass Passanten während der Vorbeifahrt zwischen Mikrofon und Zug geraten und so die Schallemissionen abschirmen konnten (Aufnahmebogen: Anhang 2). Die Haltung des Aufnahmeleiters auf dem Bahnsteig zeigt Abbildung 21. Die Spitze des Richtmikrofons war auf die bahnsteignahe Schiene gerichtet und etwa 2,0-2,2 m davon entfernt. Die aufgezeichneten Geräusche wurden analog auf einen mit einer digitalen, kalibrierbaren Soundkarte (Creative Soundblaster Live!) ausgerüsteten PC

überspielt und als unkomprimierte Wave-Dateien (.wav) abgelegt. Diese konnten dann Frequenzanalysen unterzogen werden, wofür das Programm Avisoft-SASLab Pro, Version 4.3 zur Verfügung stand (Fa. Avisoft-Bioacoustics, Berlin, 2004-2006). Es reproduziert die Sounddateien in bildlicher Form als Sonagramme (syn.: Schallspektrogramme); die Voreinstellungen im Programmmenü *Analyse* → *Spectrogram Parameters* hierfür waren: FFT-length 256, Frame 100%, Overlap 75%, Window Flat-Top. Für eine getreue absolute Darstellung der Schallpegel war es notwendig, zuvor die Soundkarte zu kalibrieren, eine entsprechende Funktion sieht SASlab vor. Als Referenzwert dafür verwendete ich den von einem Brüel & Kjaer Kalibrator Type 4320 erzeugten 1 kHz Ton mit 90 dB (Schallpegelbestätigung mittels Messgerät Brüel & Kjaer Type 2233). Dieser Referenzton wurde mit identischem Mikrofon und denselben Einstellungen des DAT-Recorders aufgenommen, wie die Schallemissionen am Hauptbahnhof.

Die von mir gewählte farbige Darstellungsform der Schalldruckpegel (*Spectrogram Display colbri2*) konnte nun für alle Sonagramme standardisiert werden. In den einzelnen Darstellungen (vgl z.B. Abb. 22, siehe auch Anhang 3) macht sich das dadurch bemerkbar, dass die geringsten noch farblich hervorgehobenen Schallpegel stets bei 64 dB beginnen

(hellblau) und ab 90 dB die größeren, potenziell schädlichen „Lautstärken“ mit aposematischer gelber, später roter Färbung einsetzen.

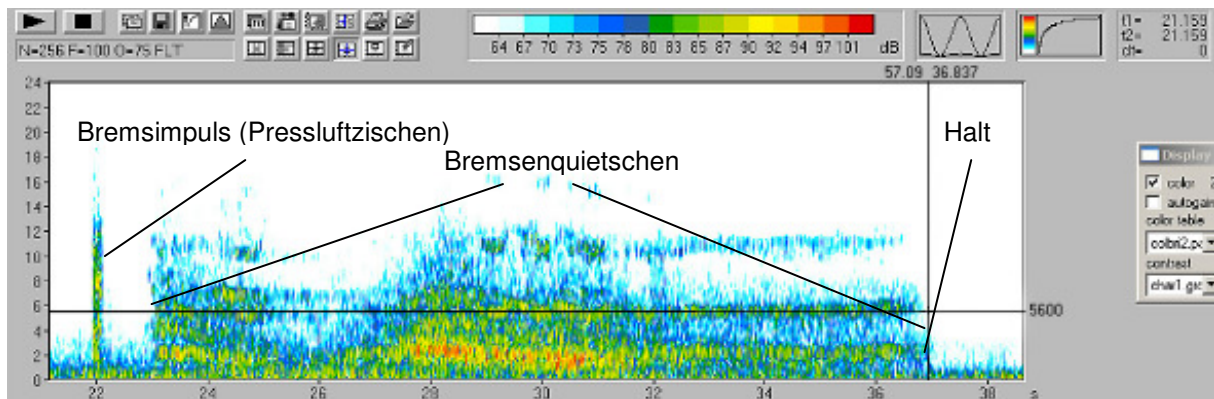


Abb. 22: Sonogramm eines einfahrenden Zuges bis zum Halt. Die Darstellung ist dreidimensional: Die Abszisse zeigt die laufenden Sekunden der zugrunde liegenden Audiodatei (die hier gezeigten Spektrogramme sind Ausschnitte und stellen die entscheidende Phase von der Passage der Zugspitze am Mikrofon bis zum Stillstand dar). Auf der Ordinatenachse liegen die Frequenzen in kHz, die Färbung gibt die Lautstärke wieder (beachte die Farbgebung der Schallpegel in dB). Das Fadenkreuz, der Abtast-Cursor des Programms, erlaubt die akkurate Reproduktion der genannten Parameter auf jedem Punkt des Spektrogramms. Im vorliegenden Fall liegt der Kreuzungspunkt bei Sekunde 36,837, Frequenz 5,600 Hz und Schallpegel 57,09 dB. Man sieht, dass der Bremsvorgang etwa bei Sekunde 23 einsetzt, nachdem ihm bei Sekunde 22 ein sehr kurzes, relativ breitbandiges Signal (Pressluftzischen) vorausgegangen ist, welches wahrscheinlich als „Vorbote“ des einsetzenden Endbremsvorganges – gekennzeichnet durch die Benutzung der Scheibenbremsen – aufzufassen ist. Die durch den Cursor markierte Frequenz ist keine Harmonische der darunterliegenden, synchronen, „Frequenzspur“ bei 2,1 kHz. Hier liegt vielmehr ein Quietschen zweier unabhängiger Quellen vor, also verschiedener Bremsen. Die lautesten Signale lassen sich etwa zwischen den lfd. Sekunden 28 und 31 erkennen, z. T. deutlich über 90 dB bei ~ 2 kHz.

Nach der grafischen Auswertung teilte ich den „Lärm“ in zwei Geräuschklassen ein, nämlich (1) Schallpegel von mehr als 90 dB und, als Fraktion dessen, (2) Schallpegel von über 100 dB. Zwei hauptsächliche Schallquellen wurden von mir in Vorstudien identifiziert: Einmal das abschließende, tonhaltige Bremsen („Quietschen“) des Zuges kurz vor dem Stillstand am Bahnsteig und außerdem die Schallemissionen während der Vorbeifahrt. Zu deren Verursachern zählen die Rollgeräusche der Fahrgestelle, Gebläsewerke (Klimaanlagen, Kühler der Fahrmotoren) und das Pressluftzischen der Bremsen. Beispielhaft für die erfassten Lärmspezifika eines einfahrenden Zuges nebst Erläuterungen ist Abbildung 22. Sämtliche ausgewerteten Spektrogramme bilden die Phase ab von der (bei Wiedergabe gut erkennbaren) Vorbeifahrt des ersten Zugteils (Lokomotive oder Steuerwagen) am Mikrofon bis zum Stillstand des Fahrzeugs. Geräusche, die bereits beim Heranrollen des Zuges an den Messstandort emittiert wurden, habe ich folglich nicht berücksichtigt.

Der Pegel von 90dB (unbewertet) als Schwellenwert eines potenziell schädlichen Schalldruckes ist nicht willkürlich und wurde von mir aus zwei Gründen festgelegt. Erstens handelt es sich um den standardmäßigen Wert, der in vielen Studien zur Diagnose eventueller Hörschäden bei Versuchstieren Verwendung findet (z.B. KIERNAN et al. 1999, KEATS et al. 1995, PHIPPARD et al. 1999, SKJÖNSBERG et al. 2005). Zweitens gilt Schall ab 85 bis 90 dB(A) für den Menschen als pathogen, jedenfalls wenn die Lärmexposition nicht nur impulshaft, sondern über längere Zeit und wiederholt erfolgt (vgl. BMA 1977, IRION et al.

1983). Der Zusatz (A) weist übrigens darauf hin, dass es sich um einen sogenannten „bewerteten Schallpegel“ handelt, der die Filterfunktion des akustischen Systems des Menschen berücksichtigt und damit der bereits in der Einleitung erwähnten Tatsache Rechnung trägt, dass dieser nicht alle in Schall enthaltenen Frequenzen bei gleichem physikalischen Schalldruck auch als gleichlaut bzw. gleich (un-)angenehm wahrnimmt. Alle dB-Angaben aus meiner Studie sind unbewertet.

2.2.2.2 Zugtypen

Möchte man den von Eisenbahnen verursachten Lärm genauer analysieren, wird es zwangsläufig notwendig, die Verursacher zu differenzieren. Dies kann hier nur grob vorgenommen werden, da die Eisenbahntypenkunde einen ganz eigenen Kosmos bildet. Weiterführende Informationen finden sich zum Beispiel bei MAIER et al. (1997) und DOSTAL (2006, 2007).

Grundsätzlich lassen sich zwei technische Grundformen unterscheiden: 1.) Züge, bei denen eine Lokomotive (Elektrolok = Ellok, Diesellok) die Antriebseinheit bildet und die Personenwagen zieht oder schiebt (in welchem Falle eigentlich von „Schüben“ statt Zügen zu reden wäre); 2.) Triebwagen, deren Antriebsaggregate gleichsam in die Waggons eingebaut sind, so dass sich eine Lokomotive erübrigt. Züge (oder Schübe) sind z.B. die Gespanne im Intercity-Verkehr oder die meisten S-Bahnen, Triebwagen sind ebenfalls als S-Bahnen im Einsatz oder finden ihre derzeit höchste Entwicklungsstufe im Intercity-Express 3 (ICE 3).

Für die in dieser Arbeit verfolgten Zwecke reichte es meines Erachtens aus, die den HBF Essen regelmäßig frequentierenden Züge (Stand: Sommer 2003) in die acht in Tabelle 5 genannten Typen aufzuteilen. Es sei allerdings bereits hier darauf hingewiesen, dass es einheitliche Zusammenstellungen von Lokomotiven und Wagen, vor allem bei den mit einstöckigen, herkömmlichen Reisezugwagen ausgerüsteten Regionalzügen, kaum gibt. Die für ein Gespann jeweils ausgewählten Waggons unterscheiden sich in Alter, Technik und Wartungszustand und damit in ihren physikalischen Eigenschaften, was sich auch auf ihre Geräuschentwicklung auswirken muss.

Die modernen Triebwagen der Baureihen 423 bzw. 426 haben wir akustisch praktisch nicht erfasst, da wir uns an Durchgangsgleisen postierten, die genannten Typen indes (damals) meistens auf Linien eingesetzt wurden, die an Kopfgleisen endeten.

Tab. 5: Vom Verfasser definierte Zugtypen am HBF Essen zur Zeit der Lärmstudie (Sommer 03 bis Herbst 05).

Zugtyp	Kurzbeschreibung	Abbildung
S-143	„S-Bahn-Wendezug Rhein-Ruhr“; elektrische Lokomotiven der Baureihe 143 an typischen S-Bahnwagen (Baureihe Bx), Nahverkehr	24
S-420	(meist) S-Bahn; elektrische Triebwagen, Nahverkehr	25
Diesel-Solo	Regionalzüge; Dieselloks der Baureihe 218 an traditionellen, einstöckigen (solo) Nahverkehrswagen (sog. „Silberlinge“)	26
Ellok-Solo	Regionalzüge; Elektroloks der Baureihen 110 und 111 an traditionellen, einstöckigen (solo) Nahverkehrswagen	27
Ellok-Doppelstock	Regionalzüge; Elektroloks der Baureihen 111 und 146 an modernen Doppelstockwagen	28
EC/IC	Euro/InterCity; Elektroloks der Baureihe 101 (selten 120) an Fernverkehrswagen	29
ICE 2	Intercity-Express; einheitliche, triebwagenähnlich gestaltete Gespanne mit elektrischem Triebkopf	30
ICE 3	Intercity-Express; elektrische Fernverkehrstriebwagen	31

2.2.3 Ergebnisse

Die Resultate unserer Messkampagne sind als Eckdaten zu verstehen, die helfen, die Schallemissionswerte in einem großstädtischen Hauptbahnhof einzuordnen. Die aufgezeichneten Geräusche lassen sich grob folgendermaßen einordnen:

- (1) Markant war das Bremsenquietschen, das von bestimmten, klar differenzierbaren Frequenzen bzw. schmalen Frequenzbändern ausgemacht wurde und infolgedessen Obertöne erzeugen konnte. Relevant ist hier zuvorderst das scharfe, mechanische Einbremsen kurz vor dem Stillstand, von mir als Endbremsvorgang (EBV) bezeichnet.
- (2) Daneben trat unharmonischer Lärm auf, der sich über verschiedene Frequenzen erstreckte und meist von den langen zu den kürzeren Wellenlängen an Intensität abnahm. Quellen waren vor allem die Rad-Schiene-Geräusche und Gebläseeinrichtungen (evtl. Klimaanlage, Motorkühler u.ä.).
- (3) Typisch waren auch kurzzeitige, punktuelle Zischgeräusche der druckluftgesteuerten Bremsanlagen. Sie reichten mit relativ geringen Pegeln am weitesten in den anthropomorph-ultraschallnahen Bereich hinein und dauerten bei > 90 dB nie länger als 2 Sekunden.
- (4) Als störend stellten sich sekundäre, nicht zugseitige und tieffrequente (< 0,5 kHz) Geräusche heraus, die der Fahrtwind der vorbeifahrenden Züge am Mikrofon erzeugte.

Die genannten Geräuschcharakteristika der einfahrenden Züge können aus Sonagrammen abgelesen werden, exemplarische Darstellungen sind die Abbildungen 22 und 23, die übrigen sind in Anhang 3 zu finden. Überdies gibt es für jeden Zugtyp eine Mittelwerttabelle, welche unsere Messergebnisse zusammenfasst und so die wichtigsten Lärmparameter pro Zugtyp festhält (als Beispiel siehe Tab. 6, alle weiteren ebenfalls in Anhang 3). Dabei blieben aber die Fahrtwindgeräusche ebenso unberücksichtigt wie die für Kleinmürden

höchstwahrscheinlich irrelevanten Frequenzen unter 1.000 Hz (→ Kap. 12.1), soweit sie nicht eindeutig auf Bremsvorgänge zurückzuführen, sondern als Rollgeräusche zu verstehen waren. Gerade gewisse moderne Zugtypen lassen im Bereich von ca. 500 Hz eine Art „Bremsbrummen“ hören, das nicht von höherem Quietschen begleitet wird. Nachfolgend fasse ich die wichtigsten Lärmcharakteristika der in Tabelle 5 definierten Zugtypen kurz zusammen.

Der Typ „S-Bahn-Wendezug Rhein-Ruhr“ (Abb. 24) bedient die Bahnhöfe der Region seit den frühen 1980er-Jahren (STENDER 1979). Die Gespanne dürfen nach den hier angelegten Maßstäben als leise gelten. Wie Tabelle 6 zeigt, sind praktisch nur Geräusche des Endbremsvorgangs (EBV) relevant, die die 100 dB-Marke nicht erreichen und 7 kHz nicht überschreiten. Bei nur fünf von 13 aufgenommenen Gespannen waren überhaupt relevante Lärmanteile zu ermitteln, die meisten S-Bahnen mit Lok 143 entwickelten keine aufdringlichen oder gar als schädlich einzuschätzenden Schallemissionen – jedenfalls nicht an dem von uns aufgesuchten Messort.

Die Triebwagen der Baureihe 420 (Abb. 25) produzieren während des Bremsens nur geringe Schallenergien, von einem verhältnismäßig tieffrequenten Brummen abgesehen. Bedauerlich ist die geringe Anzahl von S-Bahntriebwagen des alten Typs 420 in unseren Aufnahmen ($n = 2$). Die einzige Aufnahme eines 423er-Triebwagens stellte sich im Nachhinein als unbrauchbar heraus. Alle 42X-Triebwagen können allerdings nach meiner unsystematischen Beobachtung als sehr leise eingestuft werden, wahrscheinlich handelt es sich um die (im Hörbereich des Menschen) am wenigsten Bremslärm emittierenden Serienfahrzeuge der Bahn am Hauptbahnhof von Essen. Die beiden sehr leisen Fahrzeuge aus unserer Messreihe stellten daher gewiss keine Ausnahme dar; eines davon fuhr so geräuschlos ein, dass die Dauer des EBV überhaupt nicht bestimmt werden.

Die mit Dieselloks vom Typ 218 bespannten Nahverkehrsbahnen (Abb. 26, mittlerweile aus dem Betrieb genommen) waren die ältesten im Gebrauch stehenden Regelzüge der DB im Bereich des Essener Hauptbahnhofs (PRO BAHN 2002). Diese Aussage gilt nicht nur für den Verbrennungsmotor des Triebfahrzeugs, sondern offenkundig auch für die Bremsanlagen an Lok und Wagen und die Fahrgestelle als solche. Es wurde deutlich, dass neben dem lauten Endbremsvorgang (EBV) bis über 100 dB auch der von den Wagen verursachte Lärm der bloßen, nicht oder kaum gebremsten Vorbeifahrt (VBF) erheblich sein konnte. Der dabei emittierte Schall entstand offenkundig an den Fahrgestellen beim Rad-Schiene-Kontakt. Vereinzelt entstanden bis in den Bereich von 13 kHz Schallpegel von mehr als 90 oder sogar 100 dB. Alle zehn ausgewerteten Gespanne waren lärmtechnisch relevant und generierten zumindest in Sekundenbruchteilen Geräusche von mehr als 90 dB.

Die Ellok-Solo-Züge mit Lokomotiven der Baureihen 110 oder 111 hatten oft die gleichen Wagentypen wie sie beim vorgenannten Typ der Diesellok-Gespanne zum Einsatz kamen (Abb. 27). Sowohl die Elloks als auch die Waggons *wirkten* aber leiser während der Vorbeifahrt und vor allem weniger schrill ($n = 8$). Tatsächlich jedoch erzeugten sie ebenfalls erhebliche Lautstärken. Nennenswerter Lärm über 5 kHz war nicht festzustellen, dafür hielt

der EBV die hohen Schallpegel im Schnitt doppelt so lange durch als bei den Diesel-Solo-Zügen (> 90 dB: 4,16 Sek., > 100 dB: 3,2 Sek.).

Doppeldecker (Abb. 28) bei der Eisenbahn sind im Bereich der DB erst seit den 1990er Jahren im Einsatz. Vier Gespanne konnten auf unseren Aufnahmen (n = 15) kaum wahrgenommen werden, andere dagegen sehr wohl. Lautes, hochtoniges Quietschen war von diesen selten zu hören, dafür nahmen verhältnismäßig tieffrequente, bei 0,5 kHz liegende Bremsgeräusche den Löwenanteil des akustischen Spektrums > 90 dB ein. Sie waren überdies ziemlich persistent und konnten bis zu acht Sekunden dauern, womit sie praktisch über den gesamten Endbremsvorgang dieser lauten „Zugindividuen“ anhielten. Derartige Nahverkehrszüge sind also nicht als wirklich leise Bremser einzustufen, wirken aber ob der fehlenden schrillen Elemente in ihrem akustischen Spektrum zumindest nicht unangenehm.

Die klassischen Fernverkehrszüge Euro- und Intercity der Bahn werden heute nur noch relativ selten eingesetzt. Im Jahr 2003 kamen EC- und IC-Züge (Abb. 29) nach meinen Berechnungen lediglich ca. 320 Mal pro Woche im HBF von Essen an. Qualität und Alter der eingesetzten Wagen schwankten, als Triebfahrzeug dienten Loks des Typs 101 oder 120. Während unserer Messkampagne (n = 10) generierten die meisten Gespanne nur geringe Schallpegel, aber es traten sowohl beim Endbremsvorgang als auch während der Vorbeifahrt am Mikrophon gelegentlich Pegel von > 90 dB oder sogar > 100 dB auf, meist in der Summe 2-3, selten 5 Sekunden lang.

Der ICE 2 (Abb. 30) gehört zu den modernen Fahrzeugen innerhalb des Fuhrparks der DB. Die Schallemissionen während der Bahnhofseinfahrt hielten sich in Grenzen (n = 10), Pegel über 100 dB traten nur ausnahmsweise auf und bestanden auch nicht lange (~ 1 Sekunde). Unsere Messungen erfassten ein typisches Bremsquietschen (> 90 dB) im Bereich von immerhin 3,1-4 kHz (bei 50% der aufgenommenen Züge) und 4,1-5 kHz (40%).

Der Intercity-Express 3 (Abb. 31) ist einer der modernsten Züge der Deutschen Bahn AG. Auf ausgewählten Streckenabschnitten wird er mit 300 km/h betrieben. Dieser Hochleistungszug entwickelt bei der Einfahrt in den Bahnhof sehr hohe Schallpegel, die, anders etwa als bei den alten Diesellok-Gespannen, ziemlich lange anhalten. Wir nahmen insgesamt zehn ICE 3 auf. Der von uns festgestellte Endbremsvorgang konnte in Einzelfällen mehr als 10 Sekunden lang 90 dB übertreffen und die 100-dB-Schwelle bis zu 7 Sekunden lang überschreiten (Abb. 23), wobei die Tonhaltigkeit der Geräusche auf den Menschen sehr unangenehm schrill wirkte. Frequenzen jenseits der 5 kHz waren nicht selten. Auffällig erschien, dass die reinen Roll- bzw. Vorbeifahrgeräusche eher unbedeutend waren. Hier schien die Geräuschkämpfung zu funktionieren, was für die rechtliche Beurteilung des Schienenlärms, die sich fast ausschließlich auf Vorbeifahrten an offenen Trassen konzentriert, von Bedeutung ist.

Tab. 6: Lärmmissionen (Sekunden je Frequenzbereich) von S-Bahnen (Gespanne mit Lok 143, $n_{\text{gesamt}} = 13$). EBV: Endbremsvorgang (starkes Abbremsen bis zum Stillstand), FB: Frequenzbereich in kHz, Stabw.: Standardabweichung, VBF: Vorbeifahrt (nicht durch Endbremsen, sondern durch Rollgeräusche, Pressluftzischen, etc. verursachter Lärm), WA: Anzahl der Einfahrten des Zugtyps in den HBF Essen pro Woche.

Deutungsbeispiel: der Endbremsvorgang (EBV) aller 13 gemessenen S-Bahnen vom Typ „143er-Gespanne“ dauerte im Mittel $6,4 \pm 3,1$ Sekunden, was, auf alle wöchentlich einfahrenden Züge dieses Typs hochgerechnet, 2.418 Mal pro Woche geschah. $2,1 \pm 1,9$ Sek. betrug die mittlere Dauer jenes Anteils des Bremsquietschens, der Lärm von mehr als 90 dB verursachte, hier von 5 (38,5 % von 13) Zügen emittiert (d.h. bei den übrigen 8 Gespannen erfolgte der abschließende Bremsvorgang leise und überstieg nicht die 90-dB-Grenze); hochgerechnet bedeutet das, dass dieses akustische Merkmal wöchentlich auf 930 Züge (38,5% von 2418) zutraf. Die Lärmmission im Frequenzbereich 1-2 kHz dauerte 0,6 Sekunden. Ein gemessener Zug setzte während des Bremsens 3,5 Sek. lang Geräusche von mehr als 90 dB zwischen 6,1 und 7 kHz frei. Der während der Vorbeifahrt (VBF) erzeugte Lärm > 90 dB erstreckte sich über 0,2 Sek.

Beachte: Die Werte der Frequenzrubriken können mittelungsbedingt über jenem der Zeile „EBV > 90 dB“ liegen (hier: $3,5 > 2,1$ Sek.); überdies können sich die Sekundenangaben je FB sowohl auf synchrone als auch auf sukzessive Lärmmissionen beziehen.

S-143	Sek.	Stabw.	n	%	WA (Σ 2.418)
EBV	6,4	3,1	13	100,0	2.418
Lärm EBV > 90 dB	2,1	1,9	5	38,5	930
FB 1-2 kHz	0,6	-	1	7,7	186
FB 2,1-3 kHz	0,9	0,99	3	23,1	558
FB 3,1-4 kHz	1,3	1,48	2	15,4	372
FB 4,1-5 kHz	0,5	-	1	7,7	186
FB 5,1-6 kHz	0,7	-	1	7,7	186
FB 6,1-7 kHz	3,5	-	1	7,7	186
Lärm VBF > 90 dB	0,20	-	1	7,7	186
FB 4,1-5 kHz	0,20	-	1	7,7	186

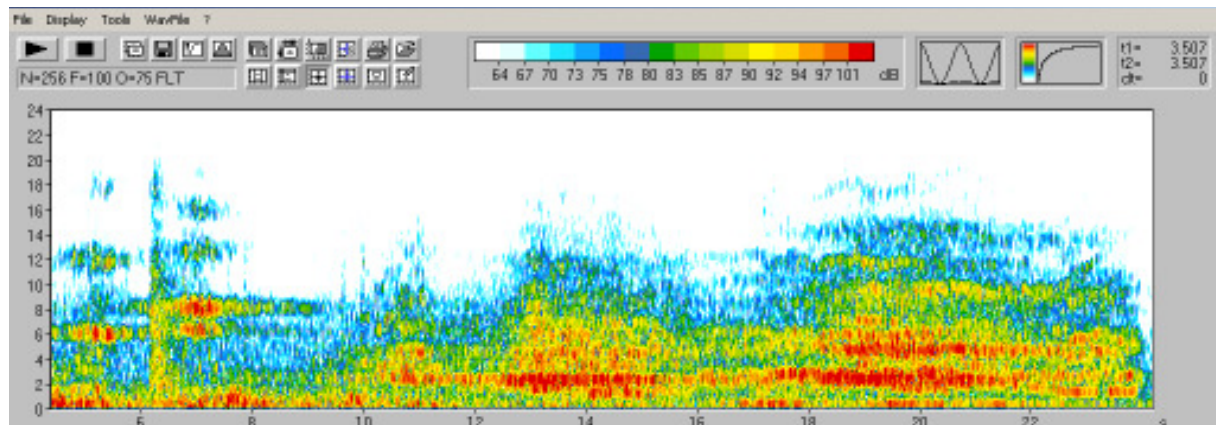


Abb. 23: Einer der lautesten Züge unserer Messreihe am Essener HBF war dieser ICE 3. Der Anfang der Vorbeifahrt fehlt auf diesem Ausschnitt. Der gesamte Endbremsvorgang dauerte 19 Sekunden, Schallpegel von über 90 dB wurden 16,4 Sek., solche von über 100 dB immerhin noch 6,8 Sek. lang durchgehalten. Beachtliche 10,4 Sek. von mehr als 90 dB entfielen auf den Frequenzbereich 5,1-6 kHz, und 5,3 Sek. auf jenen von 9,1-10 kHz. Nicht nur dieser ICE 3 entfaltete also erhebliche Schallenergien im Hörbereich der Waldmaus

2.2.3.1 Zusammenfassung des Zuglärms

Tabelle 7 fasst die Ergebnisse für alle Zugtypen zusammen (Darstellung en détail in Einzeltabellen je Zugtyp in Anhang 3). Man sieht: In 95% aller gemessenen Zugeinfahrten war der Endbremsvorgang (EBV) zu erkennen. Nur 5% der Züge fuhren mithin ohne nennenswerten Lärm zu erzeugen in den Bahnhof ein, ihre Emissionen wurden vom typischen „Hintergrundrauschen“ des Hauptbahnhofs (Züge an anderen Gleisen,

Lautsprecherdurchsagen, Passantengespräche, Gepäckbewegungen etc.) akustisch maskiert. Der EBV, dieses in der Regel lauteste Element der Fahrgeräusche, dauerte im Mittel keine 10 Sekunden, und dieser Wert sank, sobald es um Pegel von mehr als 90 dB ging, nochmals deutlich ab. Immerhin fast 8 bzw. 7,3 Sekunden hielten aber die relevanten Pegel im für Mäuse durchaus bedeutsamen Frequenzbereich von 7,1-8 kHz bei > 90 dB bzw. > 100 dB an. Allerdings nahm die Zahl der Emittenten mit steigenden Frequenzen deutlich ab. Nur noch 64% aller Züge erzeugten während des EBV mehr als 90 dB, was auf die Woche berechnet knapp 3.200 Einheiten entsprochen hätte. In den hohen Frequenzen von > 10 kHz, welche im Bereich des besten Hörens von *A. sylvaticus* liegen (→ Kap. 13.4, Abb. 122), waren die in Rede stehenden Pegel nur noch in Einzelfällen feststellbar. Addiert man die Anzahl der gemessenen Züge, deren akustische Parameter während des EBV durch Pegel > 90 dB und Frequenzen > 10 kHz gekennzeichnet waren (Werte aus Tab. 7), dann erfüllten von 78 Zügen zehn diese Vorgaben (13%). Bezogen auf 4.984 Zügen pro Woche kommt das einer Anzahl von 640 lauten Zügen gleich.

Tab. 7: Lärmemissionen (Sek./FB) von Zügen am HBF Essen ($n_{\text{gesamt}} = 78$; EBV = Endbremsvorgang, FB = Frequenzband, VBF = Vorbeifahrt am Mikrofon, WA = wöchentliche Zugeinfahrten).

gesamt	Sek.	Stabw.	n	%	WA (Σ 4.984)
EBV	9,16	8,5	74	94,9	4.728
Lärm EBV > 90 dB	4,57	4,0	50	64,1	3.195
FB 0,5-1 kHz	5,88	4,3	12	15,4	767
FB 1-2 kHz	4,80	4,1	11	14,1	703
FB 2,1-3 kHz	4,73	5,5	20	25,6	1.278
FB 3,1-4 kHz	3,90	3,6	12	15,4	767
FB 4,1-5 kHz	3,17	2,9	19	24,4	1.214
FB 5,1-6 kHz	4,61	4,0	9	11,5	575
FB 6,1-7 kHz	5,65	4,2	4	5,1	256
FB 7,1-8 kHz	7,93	2,4	3	3,8	192
FB 8,1-9 kHz	1,83	2,0	8	10,3	511
FB 9,1-10 kHz	2,68	2,3	4	5,1	256
FB 10,1-11 kHz	1,25	0,8	4	5,1	256
FB 11,1-12 kHz	1,05	0,6	2	2,6	128
FB 12,1-13 kHz	0,20	0,2	3	3,8	192
FB 13,1-14 kHz	0,20	-	1	1,3	64
Lärm EBV > 100 dB	3,13	2,6	26	33,3	1.661
FB 0,5-1 kHz	3,90	2,5	10	12,8	639
FB 1-2 kHz	4,85	3,5	2	2,6	128
FB 2,1-3 kHz	2,99	3,0	9	11,5	575
FB 3,1-4 kHz	2,58	3,2	4	5,1	256
FB 4,1-5 kHz	2,29	2,4	8	10,3	511
FB 5,1-6 kHz	3,22	3,1	5	6,4	319
FB 6,1-7 kHz	7,30	-	1	1,3	64
FB 7,1-8 kHz	7,30	-	1	1,3	64
FB 8,1-9 kHz	0,50	0,1	2	2,6	128
FB 10,1-11 kHz	0,30	0,1	2	2,6	128
FB 12,1-13 kHz	0,10	-	1	1,3	64
Lärm VBF > 90 dB	2,61	1,7	26	33,3	1.661
FB 1-2 kHz	2,78	1,5	21	26,9	1.342
FB 2,1-3 kHz	2,76	1,5	21	26,9	1.342
FB 3,1-4 kHz	2,78	1,7	16	20,5	1.022
FB 4,1-5 kHz	2,03	2,1	12	15,4	767
FB 5,1-6 kHz	1,26	1,0	8	10,3	511
FB 6,1-7 kHz	1,26	1,0	8	10,3	511

Tab. 7 (Fortsetzung)

gesamt	Sek.	Stabw.	n	%	WA
FB 7,1-8 kHz	1,26	1,0	8	10,3	511
FB 8,1-9 kHz	1,26	1,0	8	10,3	511
FB 9,1-10 kHz	1,38	1,1	6	7,7	383
FB 10,1-11 kHz	1,10	1,1	3	3,8	192
FB 11,1-12 kHz	0,40	-	1	1,3	64
FB 12,1-13 kHz	0,40	-	1	1,3	64
FB 13,1-14 kHz	0,40	-	1	1,3	64

Zum Schluss des Ergebnisteils folgt nun mit Tabelle 8 eine zusammenfassende Verknüpfung der Resultate aus der Lärmanalyse (Tab. 7) mit den Fahrplanangaben zu den Verkehrszeiten der Bahn. Daraus wird deutlich, dass sich die Lärmsituation aus Sicht der Mäuse weiter entspannt, denn die Aktivitätsmaxima von Waldmaus und Zugverkehr fallen nicht zusammen. Auf eine Aufstellung der einzelnen Zugtypen verzichte ich hier aus Gründen der Übersichtlichkeit. Die Aussagen der Tabelle 8 gewinnen aber weiter an Kraft, wenn man weiß, dass, gemäß unserer für jede Linie recherchierten Zugtypen, zwischen 23 Uhr und 6 Uhr keiner der Diesel-Solo-Züge verkehrte, zwischen 23 Uhr und 4 Uhr nur vier ICE 3 fahren, und lediglich die Regionalexpresszüge mit Ellok-Doppelstock-Gespanssen und die S-Bahnen den Essener HBF 24 Stunden lang bedienten (jedenfalls bezogen auf den Sommerfahrplan 2003). Kurzum: Der Zugverkehr geht nächtens zurück und wird überdies hauptsächlich von eher leisen Typen beherrscht.

Tab. 8: Zugeinfahrten in den HBF von Essen je Tages- und Nachtstunde (Sommerfahrplan 2003, alle Werte gültig für MEZ). Gesamtzahl und Anzahl der Züge, die während des Bremsens (EBV) Schallpegel von mehr als 90 dB, mehr als 100 dB und während der Vorbeifahrt (VBF) von mehr als 90 dB erreichten (%-Werte siehe Tab. 7).

Uhrzeit	Einfahrten gesamt	Einfahrten EBV > 90 dB (64,1%)	Einfahrten EBV > 100 dB (33,3%)	Einfahrten VBF > 90 dB (33,3%)
0 - 1 Uhr	64	41	21	21
1 - 2 Uhr	31	20	10	10
2 - 3 Uhr	25	16	8	8
3 - 4 Uhr	34	22	11	11
4 - 5 Uhr	121	78	40	40
5 - 6 Uhr	205	132	68	68
6 - 7 Uhr	252	161	84	84
7 - 8 Uhr	272	174	90	90
8 - 9 Uhr	271	174	90	90
9 - 10 Uhr	278	178	93	93
10 - 11 Uhr	282	181	94	94
11 - 12 Uhr	276	177	92	92
12 - 13 Uhr	281	180	93	93
13 - 14 Uhr	272	174	91	91
14 - 15 Uhr	273	175	91	91
15 - 16 Uhr	285	183	95	95
16 - 17 Uhr	287	184	96	96
17 - 18 Uhr	286	183	95	95
18 - 19 Uhr	272	175	91	91
19 - 20 Uhr	239	153	80	80
20 - 21 Uhr	214	137	71	71
21 - 22 Uhr	197	126	66	66
22 - 23 Uhr	153	98	51	51
23 - 0 Uhr	115	74	38	38
gesamt	4.984	3.195	1.660	1.660

2.2.4 Diskussion

„Dass Lärmemissionen gerade im sehr umweltfreundlich eingestuften Schienenverkehr zu den ökologischen Defiziten zählen, ist offensichtlich: Dies erleben tagtäglich nicht nur vielerorts die Anwohner von Bahnstrecken, sondern auch etliche Fahrgäste auf dem Bahnsteig [...]“ (WILLE et al. 2005, S. 582).

Es liegt auf der Hand, dass die von mir unternommene einfache Hochrechnung unserer zumindest hinsichtlich mancher Zugtypen geringen Stichproben auf die Wochenwerte problematisch ist. Dennoch sind die angegebenen Daten eine gute Hilfe, das akustische Mosaik des Umweltfaktors ‚Lärm‘ am Hauptbahnhof von Essen



Abb. 24: Standardfahrzeug auf den S-Bahnlinien im Verkehrsverbund Rhein-Ruhr (VRR) sind die Gespanne mit Lok 143 und speziellen Niederflur-Reisewagen: der „S-Bahn-Wendezug Rhein-Ruhr“.

Schallenergie wird überdies (3) häufig in Frequenzen abgestrahlt, die für einen Kleinsäuger im sehr niederfrequenten Teil des auditiven Spektrums liegt, wenn nicht gar im subjektiven Infraschallbereich. Die Anzahl von 5.000 Regelzügen, die wöchentlich in den HBF Essen einfahren, wirkt hoch, und doch wird ihr pathogenes Potenzial bereits deutlich abgeschwächt, wenn daraus (4) das durchschnittliche Stundenaufkommen von lediglich 30



Abb. 25: Nahverkehrstriebwagen der Baureihe 420. Obwohl bereits in den 1960er Jahren entworfen, sind die Züge, vermutlich auch aufgrund von Nachrüstungen, sehr leise bei der Einfahrt in den Bahnhof.

zusammensetzen. Und dieses Mosaik verliert mit jedem hinzugefügten Steinchen an Wirkung, soweit es das Schädigungspotential für die Gleismäuse darstellt. Viele Züge sind, das geht aus den Tabellen des Ergebnisteils klar hervor, (1) eher leise, manche erzeugen nur kurze, impulshafte Signale und auch bei den übrigen hält (2) die potenziell schädliche Schalleistung in der Regel nur wenige Sekunden an. Die höchste

Schallenergie wird überdies (3) häufig in Frequenzen abgestrahlt, die für einen Kleinsäuger im sehr niederfrequenten Teil des auditiven Spektrums liegt, wenn nicht gar im subjektiven Infraschallbereich. Die Anzahl von 5.000 Regelzügen, die wöchentlich in den HBF Essen einfahren, wirkt hoch, und doch wird ihr pathogenes Potenzial bereits deutlich abgeschwächt, wenn daraus (4) das durchschnittliche Stundenaufkommen von lediglich 30 Schienenfahrzeugen errechnet wird.

Wenn folglich im Schnitt alle zwei Minuten ein Zug den Bahnsteig erreicht, dessen Schallpegel über 90 dB im Hinblick auf die Vorbeifahrgeräusche (VBF) gemittelt kaum drei Sekunden und auf die Bremsphase (EBV) kaum fünf Sekunden anhalten, dann relativiert sich die Belastung für das Gehör einer Gleismaus. Darüber hinaus ist der Zugverkehr natürlich (5) auf den Aktivitätsrhythmus des Menschen

ausgerichtet, was den nocturnen Gleismäusen weitere Erleichterung verschafft, zumal wenn (6) geräuschintensive Fern- und Nahverkehrszüge nächtens pausieren. Hinzukommt (7),

dass sich die Zügeinfahrten auf 12 Gleise verteilen (Abb. 16-18). Und schließlich können die Tiere (8) einen Teil des Lärms einfach durch Flucht und das Aufsuchen von Deckung (→ Kap. 2.1.3) vermeiden. Diese Betrachtungsweise ist allerdings anthropozentrisch und es bleibt daher zu prüfen, ob die Waldmäuse der Gleise trotz der aufgezählten lärmindernden Faktoren nicht doch infolge des „Restlärms“ Schaden an ihrem möglicherweise besonders sensitiven Gehör genommen haben. Diese Prüfung, vorgenommen am Innenohr, folgt in Kapitel 12.

Die von der Gleismaus-AG vollzogene, relativ detaillierte Ermittlung und Bewertung nicht-biogener Geräusche in einer zoologischen Studie ist zweifellos außerordentlich. Es ist durchaus nicht abwegig festzustellen, dass die Züge den Lebensraum der Gleismäuse gleichsam „beleben“ und sich wie verschiedene syntopische Arten verhalten – und dabei sogar individuelle Eigenschaften aufweisen. Bereits in Kapitel 2.2.3 wies ich darauf hin, dass die individuellen Unterschiede innerhalb der von mir festgelegten Zugtypen nicht unerheblich sind, da die Einzelkomponenten (Lokomotive, Waggons), von den Triebwagen (ICE 3, Baureihe 420) und auch den vereinheitlichten S-Bahn-Gespannen (mit Lok 143) abgesehen, in gewissem Rahmen frei kombinierbar sind, obwohl sie zum Teil je nach Produktionsjahr auf unterschiedlichem technischem Stand sind. Die eingesetzten Bremssysteme sind verschieden. Alte, sogenannte Grauguss(klotz)-Bremsen werden bei modernen Reisezugwagen nicht mehr eingesetzt (WILLE et al. 2005), haben aber nach unserem Eindruck noch bei den alten Waggons der RE-218er-Gespanne im Gebrauch gestanden, die auf Konstruktionen aus den 60er-Jahren zurückgehen (sogenannte „Silberlinge“). Auch die einstöckigen RB/RE-Gespanne nutzten noch alte Waggons. Für S-Bahnen gilt dies nicht. Gerade das Fahrzeug der DB mit der höchsten Einsatzfrequenz ist besonders leise, wie die Tabellen 9 und 10 deutlich machen. Und andererseits trägt das Fernverkehrsmittel ICE 3, eines der modernsten, man möchte sagen *phylogenetisch jüngsten* Systeme der DB, erheblich zum Bahnhofslärm bei (Tab. 16). Wenn wir Menschen auf dem Bahnsteig sahen, die sich die Hände schützend auf die Ohren legten, so war das bei bremsenden ICE 3 und 218er-Gespannen.



Abb. 26: Die Diesellok-Gespanne mit Lokomotive der Baureihe 218 und alten (modernisierten) Nahverkehrswagen waren technisch gesehen wahrscheinlich die am ehesten veralteten Fahrzeuge im Regelbetrieb der Bahn im Raum Essen. Sie sind mittlerweile (Frühjahr 2007) nicht mehr im Einsatz. Rollgeräusche und Endbremsen waren verhältnismäßig lärmintensiv. Dies galt auch für die Geräuschentwicklung beim Anfahren der Lokomotive, das Diesellaggregat machte dann erheblichen Lärm, der allerdings eher seitlich, nicht nach unten, abstrahlte (empfindliche Bahnsteigpassanten schützten dabei ihre Ohren).

Von der eigentlichen Bremsentechnik abgesehen, können sich darüber hinaus auch die Wartungszustände der Fahrwerke (Abstände zur letzten Inspektion oder technischen

Überholung) von Wagen zu Wagen unterscheiden. Und schließlich: das Gesamtgewicht wird je nach Anzahl der Fahrgäste ebenfalls stark schwanken. Die genannten Einflussgrößen, und es ließen sich gewiss noch weitere finden, wirken sich unzweifelhaft auf das Verhalten und damit auch auf die Geräusentwicklung während des Bremsvorganges aus. Schon aus diesen Gründen bieten die Ergebnisse nur Anhaltspunkte, zumal wir die Schallpegel ja nur grob einordneten. Man vergesse nicht: Bereits eine Erhöhung des Pegels um 6 dB entspricht einer Verdopplung des Schalldrucks, insofern bietet die Festlegung der Schallpegel über 90 dB als „laut“ und über 100 dB als „sehr laut“ nur ungefähre Anhaltspunkte für die Einschätzung der auf den Gleisen herrschenden Lärmsituation. Hinzukommt, dass ich synchrone Pegel nicht addiert habe (z.B. ergeben die gleichzeitigen und gleichstarken Pegel zweier Schallquellen summiert eine um 3 dB höhere Schallintensität) und selbstverständlich befindet sich eine Maus im Gleis näher an der quietschenden Bremse als wir auf dem Bahnsteig. Es ging also um Größenordnungen. Immerhin werden unsere Befunde durch die Erkenntnisse eines Fachwissenschaftlers gestützt, den ich um eine kurze Stellungnahme zur Thematik bat. Seine Antwort macht nochmals deutlich, dass es sich um eine komplexe Thematik handelt. So sei im Bereich der Schienen und Achsen „mit unbewerteten Summschallpegeln L_{lin} von etwa 100 dB zu rechnen – wenn es nicht quietscht. [...] Leider kommt es beim Bremsen jedoch häufig zu Quietschgeräuschen. Diese sind sehr schmalbandig mit Grundfrequenzen typisch zwischen 2 kHz und 3 kHz und Pegeln mit typisch 110 dB, gelegentlich auch mehr, sowie harmonischen Oberwellen und auch nicht harmonischen weiteren Schwingungsmoden. Noch bei 6 kHz bis 7 kHz können unter Umständen Schallpegel um die 100 dB abgestrahlt werden (Grauguss-Klotzbremsen kurz vor dem Stillstand). Alle diese Pegel streuen stark aufgrund vieler, zum Teil noch nicht bekannter Einflussparameter (Bremsbelag, mechanisches Spiel, Feuchtigkeit etc).“ (WILLENBRINK¹, briefl. Mitt.).



Abb. 27: Ein Nahverkehrsbus mit einstöckigen (solo) Nahverkehrswagen. Abgebildet ein sogenannter „Silberling“ in Originalgestalt, nämlich ohne Lackierung. Diese Wagen sind veraltet, werden aber auch heute noch benutzt (Aufnahmedatum: Februar 2007). Ihre Bremsen erzeugen verhältnismäßig laute, tonhaltige Geräusche.

Die Deutsche Bahn AG führt nicht nur mit der Zeit neue Fahrzeuge ein, sondern modernisiert auch ihr bereits seit längerem, teilweise seit Jahrzehnten im Einsatz befindliche Material. So wirken zunehmend zeitgemäße Bremsen auf die Achsen, und die Bremsklötze bestehen oft nicht mehr aus Graugusseisen, sondern aus modernen Kunststoffen. Daher rauhen sich, anders als früher, die Radlaufflächen nicht mehr auf, was ihr Rollgeräusch vermindert. Allerdings richteten sich diese Maßnahmen zunächst vor allem auf den

¹ LUDGER WILLENBRINK war bis zu seiner Pensionierung im August 2004 bei der Deutschen Bahn AG Leiter der Abteilung T.TZF 12.1 Messungen und Akustik der *DB Systemtechnik* in München.

Fernverkehr (DEUTSCHE BAHN 2005, TROGE 2005, WILLE et al. 2005). Aber auch der Nahverkehr ist der Modernisierung unterworfen, und so sind die auf einer Nebenstrecke (Borken-Wuppertal) eingesetzten Diesel-Solo-Gespanne mittlerweile (Februar 2007) von S-Bahnen bzw. Nahverkehrstriebwagen ersetzt worden, wofür man Anteile der Strecke erst elektrifizieren musste. Bereits diese Tatsache weist auf den seit langem anhaltenden Trend hin, dass der Bahnverkehr je Zug (nicht unbedingt in der Summe) immer leiser wird. Technischer Fortschritt und die umweltpolitische Gesetzeslage sollen perspektivisch für weiter zurückgehende Schallemissionen sorgen (TROGE 2005). Indes bleibt festzuhalten, dass einer der modernsten Typen im Fuhrpark der Bahn, der ICE 3, weit überdurchschnittlich laut ist (Tab. 16). Die Deutsche Bahn AG ist sich dieses Problems der zeitgemäßen in diesem Fahrzeugtyp eingesetzten „Sintermetall-Scheibenbremsen“ durchaus bewusst, deren Bremsleistung zwar hoch sei, aber: „Nachteil ist das Quietschen, wenn Metall auf Metall reibt.“ (DEUTSCHE BAHN 2005, S. 73).

Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass es prinzipiell zwei Möglichkeiten gibt, Lärm zu vermeiden. Entweder man dämpft die Schallemission an der Quelle oder auf dem Weg zum

Ohr, oder man belässt sie, verschiebt aber die Hauptfrequenzen in Bereiche, die dem Menschen weniger unangenehm sind oder die er gar nicht wahrnehmen kann, da sie dem Infra- oder Ultraschall angehören. Dies kann durch die Verwendung bestimmter Werkstoffe (passiv) geschehen wie es z.B. GLOOR & ZIEGLER (2001) anhand von bestimmten Straßenbelägen gezeigt haben. Für eine vergleichbare Strategie sprechen unsere Messergebnisse bei den Ellok-



Abb. 28: Regionalzüge mit Doppeldeck-Waggons (im Vordergrund der letzte von fünf Wagen hinter einer Lok der Baureihe 146) sind erst seit den 1990er Jahren wieder im Betrieb der DB. Sie wirken bei der Einfahrt in der Regel leise.

Doppelstock-Zügen. Während der Aufnahmen am HBF erschienen diese Fahrzeuge angenehm leise, jedenfalls nicht schrill. Die SASLab-Analyse deckte dann aber doch einige Male recht erhebliche Schallpegel von mehr als 100 dB über fast 5 Sekunden auf (Tab. 13). Die Hauptfrequenz lag dabei, von Ausnahmen abgesehen, jeweils ziemlich genau bei 500 Hz. Für Muridae ist das praktisch schon Infraschall (→ Kap. 12.1).

Conclusio: Studien wie die vorliegende verlören künftig wohl an wissenschaftlichem Reiz, wenn davon auszugehen wäre, dass seitens der am HBF generierten Schallenergien keine Schäden mehr an Tier (und Mensch?) zu befürchten seien. Umgekehrt heißt das: Vor 20, 40 oder 60 Jahren wäre eine ähnliche Untersuchung womöglich zu ganz anderen Ergebnissen gelangt. Die Züge waren lauter, ihre Emissionen bezogen sich nicht nur auf Schall, sondern auch auf feste Stoffe (Dampflokotiven!). Aber auch dies ist ein Kennzeichen anthropogener „Über“-Lebensräume: Sie verändern sich sehr schnell.

Die vorgebrachten Daten machen zweierlei deutlich: Zwar kann es, erstens, in einem für *A. sylvaticus* bedeutsamen Frequenzband sehr laut am Hauptbahnhof werden. Jedoch lässt sich, zweitens, die Lärmbelastung durch angepasstes Verhalten mindern und hält sich,



Abb. 29: Lokomotive des Typs 101 vor einem modernen IC-Zug.

wichtiger noch, zeitlich in engem Rahmen, indem sie immer nur für einige Sekunden auftritt (am Ende von Kapitel 12.4 werde ich Daten zur Dauer von Lärmexpositionen anführen, die in experimentellen Studien als notwendig erachtet wurden, um bei verschiedenen Versuchstieren sicher nachvollziehbare Hörschäden provozieren zu können). Unter diesen Umständen, erscheint es nicht sehr wahrscheinlich,

dass die Gleismäuse unter dem Einfluss hoher Schallpegel Schaden nehmen.

Gleichwohl kann eine Schädigung nicht ausgeschlossen werden, weil unsere Messungen die Realität nicht richtig widerspiegeln könnten, zumal ich bei der Auswertung die Spitzenpegel eher unterbewertet habe. Wie bereits weiter oben gesagt, sind alle Pegel über 100 dB quasi „zusammengefasst“ worden. Außerdem wissen wir nicht viel über das Gehör von *A. sylvaticus* und seine Pathologie. Vielleicht ist es besonders empfindlich? Die Betrachtung des Corti-Organ sollte darüber Aufschluss geben (→ Kap. 12).

Man möchte behaupten, die Tatsache, dass *A. sylvaticus* auf den Gleisen vorkommt, sei Beweis genug für die Irrelevanz der dortigen, von mir als negativ eingeschätzten Ökofaktoren. Dieses Argument ist mir in den letzten Jahren mehrfach begegnet, gelegentlich seitens wissenschaftlicher Kollegen. Es ist jedoch etwas problematisch. Denn die Lärmsituation ist objektiv vorhanden. Sie ist, um es nochmals zu sagen, bei genauer Betrachtung vielleicht nicht so extrem, wie man zunächst vermuten würde. Aber sie ist ganz wesentlich größer als in den natürlichen Habitaten der Waldmaus, und man darf sich daher sehr wohl fragen, weshalb eine Säugetierart mit gewiss feinem Gehör diese speziellen Bedingungen akzeptiert, die für seine Evolution zweifellos ohne Bedeutung waren. Hierzu zunächst drei Zitate aus einer Metaanalyse von HERRMANN (2001, S. 41, 46): „Wie Lärm auf Säugetiere wirkt, ist bisher nur ansatzweise verstanden. [...] Forschungsarbeiten über die Wirkung von Lärm auf Säugetiere lassen sich an einer Hand abzählen. [...] Messungen zu Hörschäden bei frei lebenden Säugetieren sind aus Mitteleuropa nicht bekannt.“ Selbst wenn man einräumte, die betreffende Hand hätte (mittlerweile) mehr als 5 Finger, und dass inzwischen weitere Forschung zu dieser Thematik angestrengt worden sei, so bleibt der Kern der Aussage erhalten: Lärmstudien fanden bislang fast ausschließlich unter Laborbedingungen an Labortieren statt. Ein Grund hierfür ist, wie derselbe Autor betont, dass in Freilandstudien kaum zu entscheiden sei, ob eine Reaktion (z.B. Flucht) nun auf die Lärmemission z.B. eines Flugzeugs oder Hubschraubers zurückgehe oder auf die optische Erscheinung des Störfaktors. Außerdem seien die meisten Lärmeffekte, von permanenten

Zellschäden abgesehen – die ja in einem späteren Kapitel meiner Arbeit noch ins Blickfeld rücken werden – praktisch nur unter kontrollierten Bedingungen detektierbar. Darunter fallen nach HÜPPOP (2001) und HERMANN (2001) mehrere ethologische und physiologische, vor allem aber endokrinologische Auswirkungen, die teilweise miteinander verknüpft sind und sich unter dem Begriff Stress zusammenfassen lassen. So etwa (a) eine erhöhte oder, bei Arten, die im Gefahrenfalle nicht flüchten, sondern sich auf ihre Tarnfärbung verlassend „drücken“ (verstecken), abgesenkte Herzrate, (b) die Ausschüttung von Stresshormonen, (c) Flucht oder Angriff, (d) die Minderung der Anteile des Zeitbudgets, die für die Nahrungsaufnahme oder Brutpflege zur Verfügung stehen, (e) die Behinderung von akustischer Wahrnehmung und Kommunikation (lärmbedingte akustische Maskierung).



Abb. 30: Beim ICE 2 handelt es sich nicht um einen Triebwagen, sondern um einen einheitlichen Zug mit Triebkopf, der sich im vorliegenden Fall allerdings nicht sichtbar hinten befindet und das Gespann schiebt.

Diese Punkte, sicher nur eine Auswahl, die sich um viele Elemente erweitern ließe, treffen potenziell auch auf die Gleismäuse zu (von ‚Angriff‘ abgesehen). Einfacher sind anatomische Veränderungen aufzuspüren. Sicher ein Extrembeispiel stellen die massiven cochleären Schäden antarktischer Robben infolge von Sprengarbeiten dar (MACZEY & BOYE 1995). CHESSER et al. (1975) fanden bei einem Flugplatz besiedelnden Hausmäusen vergrößerte Nebennieren vor

(„adrenal hypertrophy“). In diesem Organ werden unter anderem die Stresshormone Adrenalin und Noradrenalin produziert. Die Tiere mussten Lärmbelastungen von 80-120 dB verarbeiten, im Gegensatz zu den Vergleichsmäusen von Feldern, die lediglich (aber immerhin) 80-85 dB ausgesetzt waren und normale Glandulae adrenales aufwiesen. HERRMANN (2001) berichtet von Studien an mehreren nordamerikanischen Paarhufern, die auf Flugzeugüberflüge mit erhöhten Herzraten reagierten. Die beiden letztgenannten Beispiele zeigen zunächst einmal nur, dass starke Geräuschentwicklungen die Tiere „nicht kalt lassen“, sondern körperliche Reaktionen hervorrufen. Andererseits können sie sich an die anthropogenen Einflüsse gewöhnen, wie es z.B. WILLE (2001) an Wildgänsen vom Niederrhein feststellte, die nach einiger Zeit kaum mehr auf Landwirtschaft und Flugverkehr (aber sehr wohl auf jagdbedingten Schusslärm) reagierten. MACZEY & BOYE (1995) verweisen auf Gänse und Watvögel des Wattenmeeres, deren Reaktionen auf akustische Störungen abnahmen, je häufiger und regelmäßiger diese auftraten. Schließlich ließen sich die Vögel nicht einmal mehr von Militärjets merklich stören, die beim Überflug mehr als 120 dB (gemessen auf Höhe der Vögel!) entwickelten. Diese Situation erinnert recht deutlich an die Verhältnisse unserer „Gleismäuse“.

Selbst ohne eine völlige Habituation, ertragen Tiere erhöhte Pulsfrequenzen und andere Lärmfolgeerscheinungen, z.B. veränderte Tagesrhythmen, solange das „gestörte“

Habitat andere Vorteile bietet, welche die Nachteile mehr als nur aufwiegen. BELLAMY et al (2000) geben die Randstreifen von Landstraßen als reguläre Lebensräume für Kleinsäugerzönosen (v.a. Wald- und Wühlmäuse) an, selbst bei einem täglichen Verkehrsaufkommen von 1.000 bis 3.000 Kraftfahrzeugen. Insbesondere die Waldmaus profitiere dabei von der Saumcharakteristik des Habitats, dem Wechsel von Hecke und rasenartigem (gemähtem) Grünstreifen, der *A. sylvaticus* unter anderem Samen und von Fahrzeugen getötete Insekten leicht zugänglich mache.

HEFFNER & HEFFNER (2007), Experten auf dem Feld der Säugetierakustik, sagen Säugern generell eine geringe Anfälligkeit gegenüber akustischen Störungen nach und begründen ihre Ansicht, wie übrigens auch HERRMANN (2001), unter anderem mit den vielen vergeblichen Versuchen, kommerziellen Erfolg mit lärm-basierten Abschreckungsgeräten (akustischen Repellentien) zu erzielen (man denke an Maulwürfe oder „Automarder“). Gewöhnung trete in aller Regel sehr schnell ein, die mit Lärm arbeitenden



Abb. 31: Der ICE 3 ist das Flaggschiff der Deutschen Bahn und kann routinemäßig 300 km/h erreichen. Oft werden zwei vollständige Einheiten dieser Triebwagen miteinander kombiniert (wie hier abgebildet), woraus Züge von mehreren Hundert Metern Länge entstehen. Vielleicht ist der Grund für die von uns festgestellten hohen Schallpegel bremsender Fahrzeuge dieses Typs in den notwendigerweise besonders leistungsfähigen Bremsen zu suchen.

Scheuchen würden nach kurzen Anfangserfolgen rasch wirkungslos. Das Autorenpaar berichtet überdies anekdotisch von Waldmurmeltieren Ohios (*Marmota monax*), die ihre Baue bevorzugt in Böschungen anlegten, wo sie vor Überflutungen sicher seien. Diese Böschungen sind – Eisenbahngleistrassen! Die Baue lägen nur 1-2 m von den Schienen entfernt, der tägliche Fahrbetrieb mit mehr als 90 „schwer beladenen“ Güterzügen sei erheblich, die energetischen Emissionen, der Schall, hoch: „Trains that emit so much noise that it forces all human conversation within 100 m to cease.“ (HEFFNER & HEFFNER 2007, S. 13). Was sind im Kontrast dazu schon die behutsam einfahrenden Personenzüge am Essener Hauptbahnhof?

3 Biotische Habitatfaktoren am Hauptbahnhof von Essen

3.1 Einleitung

Sowohl die Flora als auch die (Wirbeltier-)Begleitfauna am Hauptbahnhof unterzogen wir einer genaueren Untersuchung. Für die Gleismäuse sind Pflanzen aus mindestens zwei Gründen von Bedeutung: Erstens bieten sie ihnen Nahrung (direkt: Früchte, grüne Pflanzenteile; indirekt: phytophage Wirbellose) und zweitens Deckung bzw. Nestbaumaterial.

Es war daher für die Arbeitsgruppe von großem Interesse, die Zusammensetzung der Phytozönose auf den Gleisen zu ermitteln.

Nach WITTIG et al. (1998, S. 335-336) stellen „Bahnanlagen [...] in vieler Hinsicht einen Sonderstandort dar. In Nutzung befindliche Bereiche werden regelmäßig mit Herbiziden behandelt, um eine Vegetationsentwicklung vollständig zu unterdrücken.“ Zudem weisen die Autoren auf die extreme Trockenheit der aus grobem Schotter bestehenden Gleiskörper sowie ihre starke Erhitzung im Sonnenlicht hin. Dadurch werde eine Besiedlung durch höhere Pflanzen erschwert und das Artenspektrum eng begrenzt. Die von der Arbeitsgruppe untersuchten Gleisanlagen im Essener Hauptbahnhof dürften aufgrund zeitweiliger Beschattung durch Bahnsteige und seitliche Überdachungen thermisch weniger belastet und ausgetrocknet sein als Schotterkörper auf freier Strecke.

Vegetationskundliche Studien zu Bahngleisanlagen liegen durchaus in Vielzahl vor (z.B. LESCHUS 1999, BRANDES 1993-2004, THOMAS 2001). Zumeist handelt es sich indes um Untersuchungen auf stillgelegten bzw. selten befahrenen Bereichen (z.B. REIDEL 1995, JAGEL 2003) oder auf Kleinbahnhöfen (z.B. BRANDES 2002a-c, 2004a, b). Die vorliegende Arbeit bezieht sich im Gegensatz dazu ausdrücklich auf den vielbefahrenen Teil der Gleise des Hauptbahnhofs von Essen, knapp 5.000 Personenzüge halten dort wöchentlich (→ Kap. 2.1.3). Da die Gleise, im Gegensatz zu den Bahnsteigen, auch im Kernbereich des Bahnhofs nicht überdacht sind, erreichen Tageslicht und Niederschläge die beschotterten Gleisbetten, so dass sich eine Vegetation aus Gefäßpflanzen einstellen kann.

Von Interesse war selbstverständlich auch die Begleitfauna, wobei hier das Augenmerk auf den Vertebrata lag, da wir auf Direktbeobachtungen angewiesen waren; Barberfallen oder ähnliche Einrichtungen für das Monitoring von Wirbellosen kamen nicht in Frage. Gibt es Prädatoren oder Kompetitoren der Waldmaus auf den Gleisanlagen? Auch wollte ich herausfinden, was *A. sylvaticus* am HBF frisst und ob Abfälle tatsächlich zum Nahrungsspektrum gehören. Wie bereits erwähnt schieden Magenuntersuchungen aus methodischen Gründen aus (→ Kap. 1.6). Und schließlich: Eine Verbindung zwischen den Aufenthaltsorten der wartenden Fahrgäste auf den Plattformen und den Mäusen auf den Schienen davor erscheint plausibel. Wo vermehrt anthropogene Nahrungsreste in die Gleise geworfen werden, könnten auch Mäuse leichter (häufiger) zu beobachten sein. Andererseits haben sie sich ihre Scheu vor dem Menschen bewahrt (→ Kap. 4.3). Die höchste Passagierdichte ist im Bereich der zentralen Treppen/Rolltreppen zu erwarten, weil sie den Hauptzugang zu den Bahnsteigen bilden. Wir werden im Folgenden klären, ob diese Erwartung zutrifft und ob die Passagierdichte mit dem Auftreten der Gleismäuse korrespondiert.

3.2 Material und Methoden

Die Pflanzenartenliste wurde am 27.05.2004, der Bedeckungsgrad am 29.04.2004 und ein zweites Mal am 10.03.2005, am Ende einer mehrwöchigen Kälteperiode mit Nachfrösten, ermittelt. In die Aufnahmen ging jeweils nur jener Kernbereich der Gleisanlagen ein, wo die Züge halten und tatsächlich Publikumsverkehr herrscht. Die Gleise, die den von den Fahrgästen genutzten Abschnitten der Bahnsteige vorgelagert sind, erstrecken sich am HBF Essen insgesamt über ca. 2.100 m. Die untersuchte Fläche betrug knapp 5.800 m².

Die botanische Determination (nur Kormophyta: Gefäßpflanzen) erfolgte vom Bahnsteig aus, im Zweifel unter Zuhilfenahme eines Feldstechers, da ein Betreten der Gleisanlagen aus Gründen des Betriebsablaufes nicht möglich war. Soweit nötig, gelangte Literatur von BÄBLER et al. (1996, „ROTHMALER“), JÄGER & WERNER (1999, „ROTHMALER“), HAEUPLER & MUER (2000) und HAEUPLER et al. (2003) zur Anwendung. Zusätzliche Absicherung boten der vielfach als Ausschlusskriterium wirksame Extremstandort Bahngleis sowie bereits vorhandene Artenlisten für andere Bahnhöfe (BRANDES 1993-2004, THOMAS 2001, WITTIG 2002, BIRRER et al. 2003, JAGEL 2003). Der Bedeckungsgrad wurde von uns je Gleisabschnitt von 30 Metern in Prozent der Bodenüberschirmung mit grünen Pflanzenteilen eingeschätzt. Dann konnten die Befunde in den Grundplan des HBF veranschaulichend übertragen werden.

Was die Erfassung der Begleitfauna und Nahrung betrifft, erfolgte die Datenerhebung während der systematischen (SAE) und unsystematischen Aufnahmen (UA, → Kap. 1.3). Um eventuell vorhandene Trittsiegel von Säugetieren (Prädatoren) feststellen zu können, beging ich außerdem zweimal den Hauptbahnhof bei Schneelage und berücksichtigte am 29.1.2004 (Neuschnee) von 4.30-6.00 Uhr die Gleise 7, 9, 8/10, 4/6 (West), 21/22 sowie die dazwischen liegenden Bahnsteige. Am 29.2.2004 (Schneefall am Vortag) wiederholte ich den Vorgang von 22.30-24.00 Uhr an den Gleisen 1/2, 7, 8/10, 11/12, 21/22.

Um die Verteilung der Fahrgäste auf den Plattformen zu eruieren, wurden die dort wartenden Personen abschnittsweise gezählt (am 12. und 13.5.2004, 14-16 Uhr). Als Orientierung dienten erneut die 10-m-Abschnitte der Gleise, sie entsprachen jenen der Mäusebeobachtungen und Vegetationsaufnahmen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit und einfacheren Berechnung habe ich wiederum drei nebeneinanderliegende Abschnitte zu 30 Meter langen Abschnitten zusammengefasst. Da an jedem Bahnsteig zwei Gleise liegen, wurde jedem Gleis eine Bahnsteighälfte zugeteilt. Derart konnte jedem 30-m-Abschnitt eine gewisse absolute, über alle Begehungen gemittelte Fahrgastzahl zugeordnet werden. Diese absoluten Fahrgastzahlen sind zunächst nicht aussagekräftig, da sie sehr von den verschiedenen Tageszeiten abhängen (wenige Personen nachts, sehr viele morgens und nachmittags: Berufsverkehr). Die relative Verteilung (in %) pro Gleis sollte allerdings zu allen Tageszeiten ziemlich gleichbleibend sein, so dass auch eine prozentuale Einteilung in Klassen und damit eine Übertragung dieser in den Grundplan des HBF – so wie beim SQ_{Aktiv}

bereits geschehen – möglich wurde. Mit diesen Daten konnte ich zudem eine Korrelierung von Fahrgastdichte und Sichtungsquotienten vornehmen.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Bahnhofsflora

Tabelle 9 gibt die vorgefundenen Pflanzen der Gleisanlagen des HBF von Essen wieder. Sie beinhaltet 71 Einträge aus 31 Familien, davon entfallen 11 auf Holzgewächse, acht auf Süßgräser, außerdem konnte eine Farnart (*Dryopteris filix-mas*) bestätigt werden. Insgesamt neun Arten sind als Adventivpflanzen bzw. Neophyten (gebietsfremde, eingeschleppte Arten) anzusehen. Nur einige Spezies zeigen die Abbildungen 32-35. Nicht weniger als 17 Arten oder Gattungen sind aus der Literatur als Nahrungspflanzen der Waldmaus bekannt, drei weitere Arten gehören zu einer Gruppe, die gemäß PLESNER JENSEN (1993) von *A. sylvaticus* als Futter gemieden wird.

Charakteristische krautige „Gleispflanzen“, deren Vorkommen außer in Essen auch von mindestens elf weiteren Bahnhöfen bekannt geworden ist, sind z.B. *Artemisia vulgaris*, *Daucus carota* und die neophytische *Conyza canadensis*. Zu den prädominanten Arten des Essener HBF zählt *Geranium robertianum*, ebenfalls eine typische Bahnhofsflora. Dieses nitrophytische Storchschnabelgewächs bildet auf manchen Gleisen geschlossene Bestände und bietet aufgrund seines relativ hohen, lockeren Wuchses für die gleisbewohnenden Mäuse eine gute Deckung während der Vegetationsperiode (Abb. 32 und 33).

Aus Abbildung 36 ist die am 10. März (2005, langer Winter) bestehende Vegetationsdecke ersichtlich, Abbildung 37 spiegelt die Verhältnisse vom 29. April (2004) wider. Erwartungsgemäß nahm die Bedeckung in der Vegetationszeit zu, insgesamt waren die grünen Bereiche aber sehr ungleich verteilt und weite Teile der Bahnhofsgleise zeigten sich annähernd vegetationslos (Abb. 38). Die zusammengefassten Bedeckungsgrade für den gesamten überschauten Bereich des Bahnhofs sind Tabelle 10 zu entnehmen. Danach waren im Winterhalbjahr nicht ganz 60% des im Fokus stehenden Gleisareals ohne Pflanzendecke, im Sommerhalbjahr immerhin knapp 40%. Nur wenige Gleisabschnitte waren zu mehr als 31% von Pflanzen überdeckt (insgesamt 210 m² = 4%), und das auch nur während des Sommerhalbjahrs. Diese stark bewachsenen Bereiche befanden sich insbesondere an den Kopfgleisen im Bereich der abschließenden Prellböcke (Abb. 34 und 39). An den Enden der Bahnsteige, außerhalb des Kernbereichs am von mir bezüglich des Deckungsgrades nicht erfassten Übergang zur freien Strecke, nahm die Vegetation deutlich zu. Hier traten auch Hochstauden und Gehölze auf. Potenziell bildeten sie einerseits einen Anschluss an das Umland und andererseits selbst schon einen für die Habitatansprüche der Waldmaus typischen Saumlebensraum (Abb. 44).

Tab. 9: Pflanzenarten der befahrenen Gleise des HBF Essen. Die Spalte ‚Vorkommen an anderen Bhf‘ reflektiert die Mindestzahl weiterer Bahnhöfe Deutschlands (sowie Basel, Schweiz, DB-Areal), wo die Art (oder Gattung) bestätigt wurde; sie fußt auf Auswertung der Daten von BRANDES 1993-2004, THOMAS 2001, WITTIG 2002, BIRNER et al. 2003, JAGEL 2003. Taxonomie nach SENGHAS & SEYBOLD (1993, „SCHMEIL-FITSCHEN“). Die Kennzeichnung der Nahrungspflanzen erfolgte in Abgleichung mit Tab. 3 der Einführung; (1)/(2): Art/Gattung als Nahrungspflanze bekannt, (3): Art als Nahrungspflanze abgelehnt (nach Fütterungsversuchen von PLESNER JENSEN 1993).

	Art	Familie	Nahrungs- pflanze	Neophyt/ Adventiv- pflanze	Vorkommen an anderen Bahnhöfen
1	<i>Ailanthus altissima</i> SWINGLE (Götterbaum)	Simaroubaceae		x	6
2	<i>Alyssum spec.</i> (Steinkresse)	Brassicaceae			-
3	<i>Arabidopsis thaliana</i> HEYNH. (Acker-Schmalwand)	Brassicaceae			5
4	<i>Arenaria serpyllifolia</i> L. agg. (Quendelblättr. Sandkraut)	Caryophyllaceae			9
5	<i>Artemisia vulgaris</i> L. (Gemeiner Beifuß)	Asteraceae			11
6	<i>Asplenium ruta-muraria</i> L. (Mauerraute)	Aspleniaceae			5
7	<i>Atriplex spec.</i> (Melde)	Chenopodiaceae	(2)		7 (Gattung)
8	<i>Betula pendula</i> ROTH (Hänge- Birke)	Betulaceae			12
9	<i>Bromus sterilis</i> L. (Taube Trespe)	Poaceae	(3)		10
10	<i>Bromus tectorum</i> L. (Dach- Trespe)	Poaceae			11
11	<i>Buddleja davidii</i> FRANCH. (Sommerflieder)	Buddlejaceae		x	8
12	<i>Capsella bursa-pastoris</i> MED. (Hirtentäschel)	Brassicaceae			6
13	<i>Cerastium holosteoides</i> FR. (Gewöhnliches Hornkraut)	Caryophyllaceae			4
14	<i>Chelidonium majus</i> L. (Schöllkraut)	Papaveraceae			4
15	<i>Chenopodium album</i> L. (Weißer Gänsefuß)	Chenopodiaceae	(1)		8
16	<i>Cirsium arvense</i> SCOP. (Acker-Kratzdistel)	Asteraceae			8
17	<i>Cirsium vulgare</i> TEN. (Gemeine Kratzdistel)	Asteraceae			10
18	<i>Clematis vitalba</i> L. (Gewöhnliche Waldrebe)	Ranunculaceae			10
19	<i>Conyza canadensis</i> CRONQ., (= <i>Erigeron c.</i> L.) (Kanadisches Berufkraut)	Asteraceae		x	11
20	<i>Daucus carota</i> L. (Möhre)	Apiaceae	(1)		11
21	<i>Dryopteris filix-mas</i> SCHOTT (Gewöhnlicher Wurmfarne)	Aspidiaceae			6
22	<i>Echium vulgare</i> L. (Natternkopf)	Boraginaceae			7
23	<i>Epilobium angustifolium</i> L. (Schmalblättr. Weidenröschen)	Onagraceae			7
24	<i>Epilobium montanum</i> L. (Berg- Weidenröschen)	Onagraceae			2
25	<i>Epilobium cf. tetragonum</i> L. (Vierkantiges W.)	Onagraceae			4
26	<i>Erigeron acris</i> L. (Scharfes Berufkraut)	Asteraceae			3
27	<i>Eupatorium cannabinum</i> L. (Wasserdost)	Asteraceae			5
28	<i>Festuca rubra</i> L. agg. (Roter Schwingel)	Poaceae	(2)		4
29	<i>Galium aparine</i> L. (Kleb- Labkraut)	Rubiaceae	(3)		10

Tab. 9 (Fortsetzung)

	Art	Familie	Nahrungs- pflanze	Neophyt/ Adventivpfl.	Vorkommen an anderen Bhf
30	<i>Geranium robertianum</i> L. (Ruprechtskraut)	Geraniaceae			10
31	<i>Geum urbanum</i> L. (Echte Nelkenwurz)	Rosaceae	(1)		4
32	<i>Hieracium</i> sp. (Habichtskraut)	Asteraceae			4
33	<i>Holcus lanatus</i> L. (Wolliges Honiggras)	Poaceae			3
34	<i>Hordeum murinum</i> L. agg. (Mäuse-Gerste)	Poaceae	(2)		8
35	<i>Hypericum perforatum</i> L. (Tüpfel-Hartheu)	Hypericaceae	(2)		10
36	<i>Hypochoeris radicata</i> L. (Gemeines Ferkelkraut)	Asteraceae			5
37	<i>Lactuca serriola</i> L. (Stachel- Lattich)	Asteraceae		x	10
38	<i>Larix</i> spec. (Lärche)	Pinaceae			-
39	<i>Lonicera</i> spec. (Geißblatt)	Caprifoliaceae			4 (Gattung)
40	<i>Mycelis muralis</i> Dum. (Mauerlattich)	Asteraceae			2
41	<i>Oenothera biennis</i> L. agg. (Gewöhnliche Nachtkerze)	Onagraceae		x	9
42	<i>Pinus sylvestris</i> L. (Waldkiefer)	Pinaceae			4
43	<i>Poa annua</i> L. (Einjähriges Rispengras)	Poaceae	(1)		9
44	<i>Poa nemoralis</i> L. (Hain- Rispengras)	Poaceae	(2)		1
45	<i>Polygonum aviculare</i> L. agg. (Vogel-Knöterich)	Polygonaceae	(2)		8
46	<i>Reseda lutea</i> L. (Gelber Wau)	Resedaceae			8
47	<i>Ribes</i> spec. (Johannisbeere)	Grossulariaceae			2 (Gattung)
48	<i>Robinia pseudoacacia</i> L. (Gew. Robinie)	Fabaceae		x	8
49	<i>Rubus fruticosus</i> L. agg. (Echte Brombeere)	Rosaceae	(2)		4
50	<i>Sagina procumbens</i> L. (Niederliegendes Mastkraut)	Caryophyllaceae			6
51	<i>Salix caprea</i> L. (Sal-Weide)	Salicaceae			7
52	<i>Sambucus nigra</i> L. (Schwarzer Holunder)	Caprifoliaceae	(1)		10
53	<i>Saxifraga tridactylites</i> L. (Dreifinger-Steinbrech)	Saxifragaceae			5
54	<i>Sedum album</i> L. (Weiße Fetthenne)	Crassulaceae			3
55	<i>Senecio inaequidens</i> DC. (Schmalblättriges Greiskr.)	Asteraceae	(2)	x	9
56	<i>Senecio viscosus</i> L. (Klebriges Greiskraut)	Asteraceae	(2)		9
57	<i>Senecio vulgaris</i> L. (Gemeines Greiskraut)	Asteraceae	(2)		9
58	<i>Sisymbrium altissimum</i> L. (Ungarische Rauke)	Brassicaceae		x	6
59	<i>Sisymbrium officinale</i> Scop. (Weg-Rauke)	Brassicaceae			4
60	<i>Solanum dulcamara</i> L. (Bittersüßer Nachtschatten)	Solanaceae	(3)		3
61	<i>Solanum nigrum</i> L. (Schwarzer Nachtschatten)	Solanaceae			5
62	<i>Solidago gigantea</i> Ait. (Riesen-Goldrute)	Asteraceae		x	9

Tab. 9 (Fortsetzung)

	Art	Familie	Nahrungs- pflanze	Neophyt/ Adventivpfl.	Vorkommen an anderen Bhf
63	<i>Sonchus asper</i> HILL (Dornige Gänsedistel)	Asteraceae			6
64	<i>Sonchus oleraceus</i> L. (Kohl-Gänsedistel)	Asteraceae			8
65	<i>Stellaria media</i> VILL. (Vogelmiere)	Caryophyllaceae	(1)		4
66	<i>Taraxacum officinale</i> WIGGERS agg. (Gew. Löwenzahn)	Asteraceae			11
67	<i>Tussilago farfara</i> L. (Huflattich)	Asteraceae			5
68	<i>Urtica dioica</i> L. (Große Brennnessel)	Urticaceae	(1)		9
69	<i>Urtica urens</i> L. (Kleine Brennnessel)	Urticaceae			1
70	<i>Verbascum thapsus</i> L. (Kleinblütige Königskerze)	Scrophulariaceae			4
71	<i>Vulpia myuros</i> GMEL. (Mäuseschwanz-Fuchsschwengel)	Poaceae			9



Abb. 32 und 33: Die häufigste krautige Pflanze, zumindest auf den Bedeckungsgrad bezogen, ist *Geranium robertianum* (links), der Ruprechts-Storchnabel. Diese Pflanze bildet zusammen mit Süßgräsern stellenweise teppichartige Bestände (vor allem an Gleis 12, rechts).



Abb. 34 (links): Ebenso stickstoffliebend und als Ruderalpflanze typisch wie *G. robertianum* ist das Schöllkraut (*Chelidonium majus*), hier im hinteren Bereich eines gleisbeschließenden Prellbocks. Nitrophile Pflanzen an einem HBF könnten eine Konsequenz fahrgastbedingter Harnstoffeinträge und Lebensmittelreste sein.

Abb. 35 (rechts): Das Foto zeigt eine kleine „Kormophytengemeinschaft“ aus (u.a.) einem nicht näher bestimmten Habichtskraut (*Hieracium* sp.), Vertretern der Löwenzahn-Artengruppe (*Taraxacum officinale* agg.) sowie, direkt vor der Schiene, dem Dreifinger-Steinbrech (*Saxifraga tridactylites*).

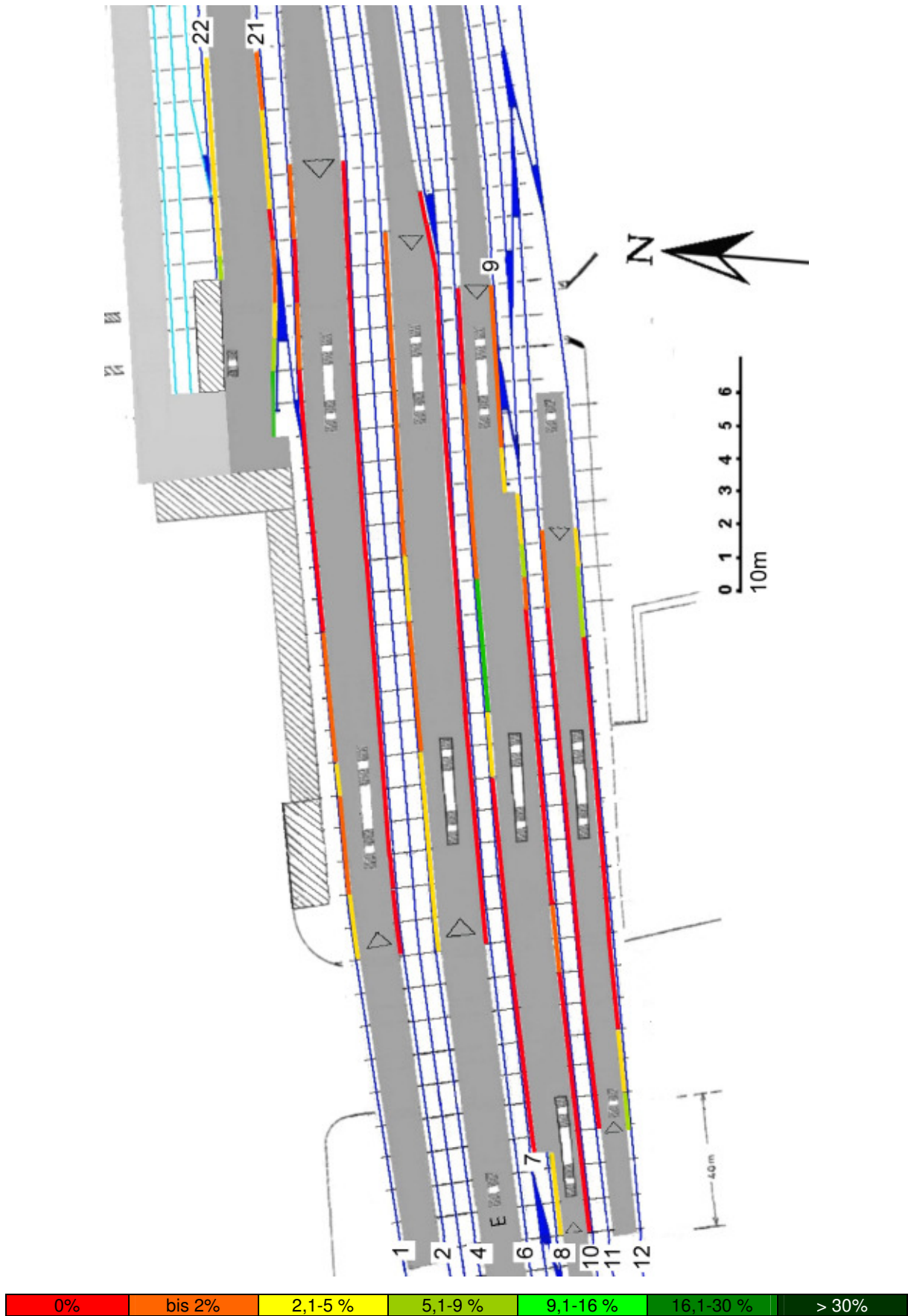
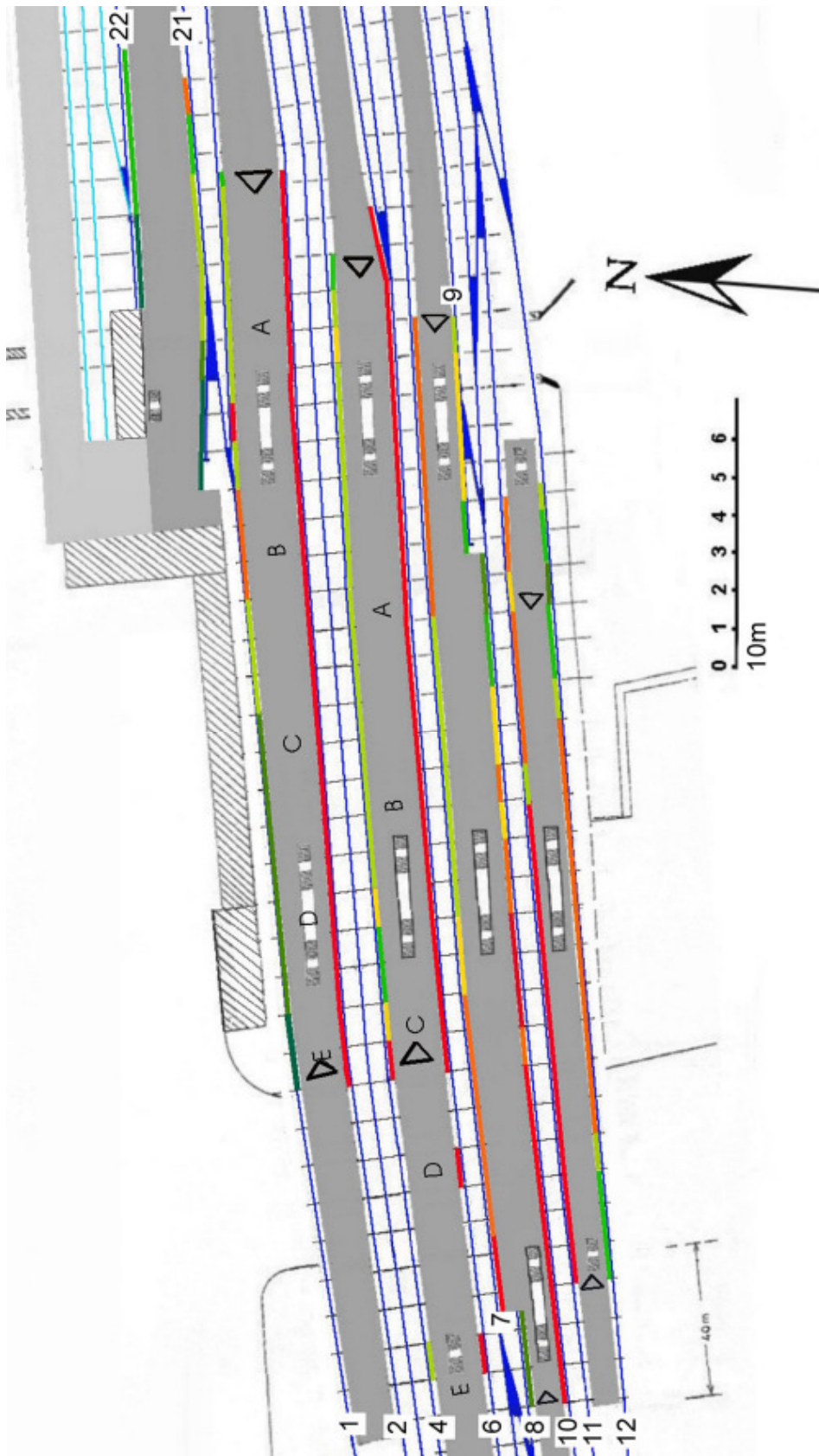


Abb. 36: Vegetationsbedeckung in Prozent am HBF Essen, Anfang März (langer Spätwinter 2005). Die Gleise sind im Plan nummeriert. Die Erhebung erfolgte für denselben Bereich wie die Waldmausbeobachtungen während der systematischen Aufnahmen (SAE) (→ Kap. 1.3). Die Plansymbole entsprechen jenen aus Abb. 3.



0%	bis 2%	2,1-5 %	5,1-9 %	9,1-16 %	16,1-30 %	> 30%
----	--------	---------	---------	----------	-----------	-------

Abb. 37: Vegetationsbedeckung in Prozent am HBF Essen, Ende April (Frühling 2004). Die Gleise sind im Plan nummeriert. Die Erhebung erfolgte für denselben Bereich wie die Waldmausbeobachtungen während der systematischen Aufnahmen (SAE) (→ Kap. 1.3). Die Plansymbole entsprechen jenen aus Abb. 3.

Tab. 10: Vegetationsbedeckung (Bedeckungsgrad in %) im Zentralbereich (0,58 ha) des HBF Essen.

Datum	erfasster Bereich		Bedeckungsgrad					
			0%	bis 5 %	5-8 %	9-15 %	16-30 %	31-100 %
29.04.2004	in m ²	5.782	2.128	1.400	1.162	504	378	210
	in %	100	37	24	20	9	7	4
10.03.2005	in m ²	5.782	3.262	2.170	182	168	0	0
	in %	100	56	38	3	3	0	0



Abb. 38 (links): Weite Gleisabschnitte sind auch während der Wuchsperiode nicht oder nur fleckenartig von Gefäßpflanzen begrünt. Die linke Aufnahme gewährt einen Blick von Gleis 2 nach Gleis 4 über das mittlere Gleis für Leer- und Güterzüge hinweg ostwärts (Aufnahmezeit Mitte Mai).

Abb. 39 (rechts): „Stabile“ grüne Inseln mit Gehölzvegetation werden im zentralen Bereich des Bahnhofs nur im Bereich hinter den Prellböcken der Kopfgleise geduldet. Auch sie werden aber jährlich zurückgeschnitten und/oder mit Herbiziden bekämpft. Im Bild zu sehen ist der am stärksten mit Pflanzen bewachsene Teil des engeren Bahnhofsgeländes. Es handelt sich um das Ende von Gleis 22 im nord-östlichen Gebiet des HBF, gelegen neben einigen Abstellgleisen (Aufnahmezeit Mitte Juni). Hier wurde der einzige Igel der Untersuchung gesichtet.

3.3.2 Begleitfauna

Zur die Waldmäuse begleitenden Wirbeltierfauna am Hauptbahnhof gehören nach unseren Aufzeichnungen vor allem Straßentauben (*Columba livia* f. *domestica*, Abb. 40) die zwar überwiegend diurnal sind, aber auch nachts aktiv sein können, wenn ihnen die Beleuchtung am HBF entgegenkommt. Allerdings gehen sie dann, anders als bei Tag, kaum ins Gleis, sondern verbleiben auf den helleren Bahnsteigen.

Während der 1.396 systematischen Aufnahmeeinheiten (SAE) sahen wir fünfmal Wanderratten (*Rattus norvegicus*) an

**Abb. 40:** Straßentaube auf Schiene.

Durchgangsgleisen, einen Igel (*Erinaceus europaeus*) in der relativ dichten Vegetation des peripheren Kopfgleises 22 (Abb. 39) und eine Fledermaus, etwa zwei Meter über Gleis 7. Ein einziges Mal während der 240 Aufenthaltsstunden am HBF konnte Mitte Juli 2005, also knapp ein Jahr nach Beendigung der SAE, eine Hauskatze (Abb. 46) bestätigt werden, die vom Bahnsteig 5 auf Gleis 21 spähte und schließlich in (prädatoreischer?) Absicht hinuntersprang. Einen Jagderfolg vermochte ich nicht festzustellen. Der genannte Teil des Bahnhofs ist seit 2005 nachts fast ohne Zug- und damit auch ohne Publikumsverkehr.

Die Spurensuche im Schnee erbrachte keine Hinweise auf terrestrische Räuber (Fuchs, Marderartige). Allerdings war die Schneedecke beim ersten Termin erst ca. 5-6 Stunden alt und vom Bahnbetrieb, der Schneeverwehungen mit sich brachte, konnten Spuren getilgt worden sein.



Abb. 41: Verendeter Sperber im Gleis.

Tagsüber wird der HBF außer von den prädominierenden Tauben auch von Elstern (*Pica pica*) und Rabenkrähen (*Corvus corone corone*) aufgesucht, allerdings nicht in den zentralen, von Fahrgästen genutzten Teilen. Ein auf dem Gleiskörper liegender, verendeter Sperber (*Accipiter*

nisus) blieb ein bemerkenswerter Einzelfund (Abb. 41).

Die epigäische Wirbellosen des Areals habe ich nicht berücksichtigt. Bei den Fangaktionen fielen in die Fallen vorgedrungene Ameisen (Formicidae: Myrmicinae, Formicinae) auf. Gelegentlich hörte man das nächtliche Zirpen eingeschleppter Heimchen (*Acheta domesticus*) auf den Gleisen. Die Makroparasitenfauna erfährt in Kapitel 10 eine eigene Betrachtung.

3.3.2.1 Fahrgäste

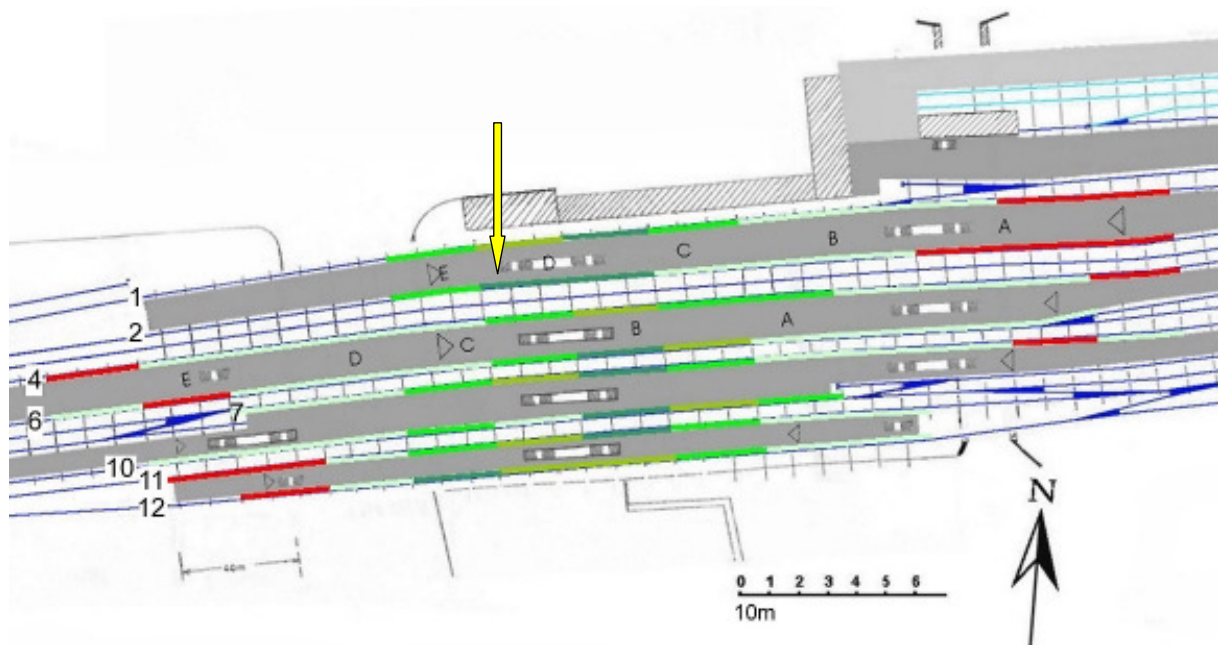
Insgesamt 79 30-m-Abschnitte wurden erfasst, die Dichte der wartenden Fahrgäste lag im Minimum bei 0% und überstieg nie 40%, das heißt von allen Fahrgästen auf einem Bahnsteig (100%) befanden sich im am stärksten belegten 30-m-Abschnitte maximal 40% (und es bedeutet auch: je gleichmäßiger sich die Fahrgäste an



Abb. 42: Gleis 2 an Bahnsteig 1, der Pfeil markiert die Lage des obersten Absatzes des westlichen zentralen Treppenaufgangs (vgl. Abb. 3).

einem Gleis verteilten, desto geringer der Maximalwert). Als Verständnisbeispiel soll hier Gleis 1 dienen. Von Ost nach West habe ich neun 30-m-Abschnitte aufgenommen, dabei

wurden 269 Personen erfasst, die sich auf diese neun Abschnitte wie folgt prozentual verteilten: 0%, 0%, 1,49%, 0,74%, 2,6%, 17,1%, 34,2%, 28,25%, 15,61% (die meisten Personen, nämlich 92, befanden sich folglich im 7. Abschnitt: 34,2%). Diese Angaben, in farbig hervorgehobene %-Klassen eingeteilt, können nun der Abbildung 43 prüfend entnommen werden. Wie zu erwarten war, finden sich die höchsten Werte, nicht nur auf Gleis 1, mit 20-40 % jeweils im Bereich der Haupttreppen (d.h. von allen auf der Plattform befindlichen Personen bleiben die meisten nahe bei den Aufgängen und den ebenfalls dort befindlichen Warteräumen bzw. Kiosken). Dies ist das Zentrum des Bahnhofs, an dem sich auch die haltenden Züge auf den Durchgangsgleisen orientieren (vgl. Abb. 42).



Fahrgäste (in %):	0%	0,1-10 %	10,1-20 %	20,1-30 %	30,1-40 %
-------------------	----	----------	-----------	-----------	-----------

Abb. 43: Verteilung der Fahrgäste auf den Bahnsteigen vor den bezeichneten 30-m-Abschnitten (3x10m) der Gleise. Insgesamt wurden 79 dieser Abschnitte im Haltebereich der Züge erfasst, die Kopfgleise 8, 9, 21 u. 22 gingen nicht mit ein. Die höchsten Werte, dunkelgrün repräsentiert, zeigen sich im Bereich der zentralen Treppen. Je weiter die Entfernung zu diesem Bereich, desto geringer wird die Fahrgastdichte. In den eher peripheren Gebietsanteilen halten sich oftmals gar keine Fahrgäste auf, obwohl die Bahnsteige noch weiter verlaufen. Der Pfeil markiert dieselbe Stelle wie in Abbildung 42.

3.3.3 Nahrung

Vierzigmal konnten Mäuse beim Nahrungstransport (dreizehnmal bestätigt) und/oder Fressen (31x) observiert werden. Bei zwei Gelegenheiten versuchten Mäuse mit Futterbrocken in ein Versteck am Gleis zu schlüpfen. Eine Maus scheiterte, weil das Objekt zu groß war, sie fraß dann auf dem Gleis. Die andere pendelte zwischen der Futterquelle und einem Kabeltunnel mindestens dreimal hin und her und trug dabei Futter ein. In einigen Fällen war der Nahrungsbrocken erkennbar: Brot bzw. Teigwaren (13x), Schokolade (2x), grüne Pflanzenteile (2x), Fruchtgummi, Scheibenkäse, Wurstreste, Taubenkadaver (je 1x). In

19 weiteren Fällen war das Futterobjekt nicht zu identifizieren, meist befanden sich Maus und Nahrung ja im Gleis. Nur einmal konnte, als einer auf dem Bahnsteig fliehenden Waldmaus ein Nahrungsstück verloren ging, ein direkter Nachweis gelingen. Die Identifikation ergab ein verschmutztes Weingummifragment. Zudem fanden wir fünf Waldmäuse beim Beknabbern von Müll vor (Papiertüten, Bonbonpapier, Kaffeebecher). Möglicherweise hafteten diesen Verpackungen noch fress- oder aufleckbare Reste an. Zweimal liefen Waldmäuse an geeigneter Nahrung (Fruchtreste) direkt vorbei, ohne sich darum zu kümmern. Die Aufnahme oder auch nur das Benagen der auf den Gleisen überaus zahlreichen Zigarettenreste (auch außerhalb der Raucherzonen, Raucheinschränkung am HBF seit Sept. 2002) beobachteten wir nie.

3.4 Diskussion

Unter dem Begriff Ruderalvegetation ist eine von (häufig nitrophilen) krautigen Arten dominierte Pflanzengesellschaft zu verstehen, die auf anthropogen geprägten, dabei aber nicht land- oder forstwirtschaftlich genutzten Böden wächst (vgl. BRANDES & GRIESE 1991, SENGHAS & SEYBOLD 1993). Wertet man die Literatur über heimische „Bahnhospflanzen“ aus (z.B. BRANDES 1993-2004, THOMAS 2001, JAGEL 2003), dann gelangt man zu dem Schluss, dass fast alle Arten aus Tabelle 9 für den Ruderalstandort „Bahngleis“ typisch sind. Ausnahmen bilden: *Alyssum spec.*, *Larix spec.*, *Poa nemoralis*, *Urtica urens*, *Epilobium montanum* und *Mycelis muralis*. Sie wurden bislang unseres Wissens nicht oder nur sehr selten auf Bahnhofsgleisen bestätigt. Ihr eher zufälliges Vorkommen lässt sich möglicherweise damit erklären, dass der Bahnverkehr als Transportvektor für Diasporen vielfältige Landschaftsräume erfasst (Brandes 2005). Bezüglich der Neophytenproblematik („Florenverfälschung“) kann angemerkt werden, dass der Anteil der entsprechenden Arten auf den Gleisanlagen mit ca. 13 % bemerkenswert gering erscheint. Sie alle zählen zu den gewöhnlichen Besiedlern von Gleistrassen und Nachweise liegen jeweils von mindestens sechs Bahnhöfen vor (vgl. Tab. 9).

Die Sandbirke (*Betula pendula*) ist als typische Pionierbaumart besonders weit auf Bahnhöfen in Deutschland verbreitet, gemäß der Tabelle 9 zugrunde liegenden Recherche sind es neben dem von Essen zwölf weitere. Im vorliegenden Kernuntersuchungsgebiet konnten naturgemäß nur Jungpflanzen gefunden werden. Gleiches traf auf die anderen aufgeführten Gehölzarten zu. Sie fanden (und finden noch) ihren flachgründigen Wuchsraum in den ungenutzten Gleisabschnitten hinter Prellböcken von Kopfgleisen. In den Randbereichen des HBF Essen und im näheren Einzugsgebiet nimmt der Bewuchs am Rande und zwischen den Trassen schnell zu und das Bild gleicht dann einer Buschlandschaft. In unserem Gebiet beherrschen dort außer der Birke der neophytische Sommerflieder (*Buddleja davidii*) und vor allem Brombeerhecken (*Rubus fruticosus* agg.) die Szene. Im Kontext unserer Untersuchung ist dieser Befund relevant, denn für die Verbreitung

von Tieren spielen solche grünen Korridore (Abb. 44) selbstverständlich eine entscheidende Rolle. Es ist ja denkbar, dass sich die Waldmauspopulation am HBF Essen aufgrund steter



Abb. 44: Blick vom Westende des Bahnsteigs 1 (zw. Gleis 1 und 2) auf die offene Strecke (Mitte Juni). Bahnsteig 2 (links) ist deutlich länger, allerdings wird der gezeigte Abschnitt praktisch nicht benutzt.

Immigration aus dem Umland, und das heißt aus östlich und westlich anschließenden Gebieten, erhält. Ein solcher, für die Bestandsentwicklung entscheidender, sich aber bei oberflächlicher Betrachtung im Verborgenen abspielender Vorgang ist z.B. bei innerstädtischen Essener Populationen der Kohlmeise (*Parus major*) zu vermuten. Es spricht einiges dafür, dass sich die Meisen im stark urbanisierten Habitat langfristig nur über fortdauernden Zuzug von außen halten

können (LUDESCHER², pers. Mitt.). Es gibt allerdings Hinweise, die für ein selbsttragendes Vorkommen von *A. sylvaticus* am HBF sprechen, wobei selbstverständlich Migrationen – in beide Richtungen! – wahrscheinlich bleiben (→ Kap. 4.4).

Zweifellos muss die in Tabelle 9 dargestellte Pflanzenliste für den Hauptbahnhof Essen unvollständig sein. Erstens weil nicht auszuschließen ist, dass insbesondere kleinwüchsige Arten übersehen worden sind, zweitens weil wir uns auf eine floristische Begehung beschränkten. Für eine lückenlose Untersuchung des Geländes wäre ein gründliches Absuchen der Gleisanlagen notwendig gewesen. Der planmäßige Betriebsablauf ließ ein derartiges Vorgehen nicht zu. Andererseits enthält die am Hauptbahnhof erstellte Florenliste zahlreiche „einfache“ Spezies, die ein mit der Ruderalflora der Region vertrauter Kartierer anhand von Habitusmerkmalen insbesondere im blühenden Zustand eindeutig anzusprechen weiß. Der Termin wurde bewusst so gelegt, dass sowohl Frühjahrs- als auch Sommerblüher berücksichtigt werden konnten. Zwangsläufig können dadurch einige ephemere bzw. spätblühende Arten aus dem Raster fallen. Tatsächlich war der Zeitpunkt aber auch glücklich gewählt, da in der Folgewoche die Gleisvegetation, zumindest die oberirdischen Anteile, durch Herbizideinsatz bzw. Rückschnitt (Holzgewächse) fast völlig beseitigt wurde. Eine solche Vegetationskontrolle im Gleisbereich wird nach Angaben der Mitarbeiter der DB-Netz AG im Bereich des HBF Essen mindestens einmal jährlich vorgenommen. Diese Maßnahme erscheint nötig, weil der Bewuchs sonst zu einer Verstopfung des lockeren Schotters führen würde, die u.a. Drainageprobleme und die Gefahr von Frostschäden mit sich brächte (LÖGLER et al. 1997, TRUTE 2006). Allerdings sei hier erwähnt, dass die Humus- bzw. Bodenbildung im Gleisschotter am HBF Essen zum Teil schon recht weit vorangeschritten

² Dr. Fritz-Bernd LUDESCHER ist Akademischer Rat in der Abt. für Allg. Zoologie der Universität Duisburg-Essen. Er beschäftigt sich in einem Langfristprojekt mit der Ökologie der Kohlmeise.

ist. Möglicherweise sind die technischen Ansprüche an Bahnhofsgleise (langsame Züge) geringer als an die freie Strecke.

Wie aus Tabelle 10 ersichtlich, trugen in der Vegetationszeit (Ende April) mehr als 60% der Bahngleise im Bereich der von den Fahrgästen frequentierten Bahnsteige eine mehr oder weniger lichte Pflanzendecke. Die Bedeckung schwankte sehr stark (siehe auch Abb. 38 und 39). Manche Gleise waren praktisch vegetationslos, wahrscheinlich, weil sie in den letzten 3 Jahren neu beschottert worden waren. Doch immerhin 4% der Gleise waren während der Vegetationsperiode zu mehr als 31% mit Vegetation bedeckt. Die Situation unterschied sich erheblich von im engeren Fahrgastbereich komplett überdachten Bahnhöfen, denn dort bleiben Gefäßpflanzen weitgehend aus (in der weiteren Region nach meiner Beobachtung z.B. Düsseldorf und Köln). BRANDES (2005) schätzt Bahnhöfe und Betriebsflächen der Bahn als wichtige „innerstädtische Makrohabitate“, deren Bedeutung für den Erhalt des botanischen Artenreichtums „kaum zu überschätzen sei“, denn alleine in Deutschland seien dort mehr als 1.000 Pflanzenarten nachgewiesen worden. Bahnhöfe zählten daher zu den artenreichsten Habitaten Mitteleuropas: „Sie sind ‚Hotspots‘ des Artenreichtums quasi vor unserer Haustür.“ (ebd., S. 269). Zwanglos lässt sich daraus folgern, dass auch die faunistische Diversität auf den entsprechenden Flächen relativ hoch sein muss. Dies wird weiter unten diskutiert. Mit unseren Methoden ließ sich nur eine

spärliche Begleitfauna für die Gleismäuse nachweisen. Fünf Wanderrattensichtungen sprechen nicht für ein regelmäßiges Vorkommen oder gar eine feste Population der Art am Bahnhof. Zweifellos könnte *R. norvegicus* als Prädator von *A. sylvaticus* auftreten (Nowak 1991), doch scheint es, als blieben die Waldmäuse in dieser Hinsicht unbehelligt. Anders als erwartet, gelang es uns nicht, ein marderartiges Raubtier zu bestätigen – dabei sind z.B. Steinmarder in Städten, auch in Essen (Abb. 45), durchaus nichts ungewöhnliches (PELIKÁN ET AL. 1983, TESTER 1986). Die eine und einzige Katze hielt sich in einem nachts praktisch



Abb. 45: Steinmarder leben mittlerweile in Großstädten, auch an Bahnanlagen. Das abgebildete Tier sitzt vor seinem Unterschlupf an einer Garage inmitten dichter Wohnbebauung Essens.

menschenleeren Bereich auf und floh, als ich näher trat um sie zu fotografieren (Abb. 46). Tagsüber konnten wir in den Randbereichen des Bahnhofs, gelegentlich auch auf den Bahnsteigdächern, Elstern und Rabenkrähen bestätigen. Sicher sind auch Elstern prinzipiell befähigt (junge) Waldmäuse zu erbeuten, es dürfte aber aufgrund divergierender Aktivitätszeiten kaum vorkommen. Interessant aber ist, dass es vermutlich diese Elstern und/oder Krähen waren, die einige Male unsere – für Menschen kaum zugänglichen – Lebendfallen öffneten und damit womöglich den Fangerfolg minderten. Etwa zehnmal fanden wir am Tag nach der Aufstellung Holzfallen umgekippt und manchmal auch einige Meter verschoben vor. Die Falltüren fehlten, lagen aber stets ganz in der Nähe. Die Fallen waren

nicht verschwunden und stets unversehrt geblieben. Dies alles ließ nicht auf Vandalismus schließen. Unter Verdacht gerieten daher die erwähnten, öfters im Gebiet beobachteten Rabenvögel. Ihnen trauten wir das Öffnen der Fallen zu, um an die Köder oder gar an gefangene Mäuse zu gelangen. Intelligenz und Geschick der Corviden sind belegt (EMERY & CLAYTON 2004). Leider gelang es uns nicht, unsere Vermutung zu beweisen.

Auf Marder wie Katzen, von Füchsen und Eulen zu schweigen, dürfte zutreffen, dass sie sich nicht in die Kernbereiche des HBF vorwagen, wo sich die ganze Nacht über Menschen aufhalten. In Parks und Gärten dagegen ist eine völlig andersartige Situation zu erwarten. Beispielsweise errechneten BAKER et al. (2003, 2005) die „Siedlungsdichte“ von Hauskatzen in Teilen Bristols und kamen auf 160-229 Ind./km², die pro Jahr fast 3.300 Waldmäuse je km² fangen würden. *A. sylvaticus* stellte nach diesen Angaben mit 67% bei weitem die Hauptbeutespezies (gefolgt vom Haussperling, *Passer domesticus*, mit kaum 5%).

Der Prädationsdruck am HBF ist somit als gering einzuschätzen. Dieser Befund ist bemerkenswert, denn *A. sylvaticus* ist fester Bestandteil des Nahrungsspektrums sehr vieler Beutegreifer (STODDART 1976, KING 1985, MICHAUX et al. 2002) und sollte daher in naturnäheren Lebensräumen erhebliche Anteile seines Energie- und Zeitbudgets für Flucht und Fluchtbereitschaft aufwenden (KING 1985, CORP et al. 1997a, DIAZ et al. 2005).

Es mag sein, dass für einen befahrenen Großbahnhof eine artenarme Fauna typisch ist. Nur einige Meter außerhalb, an Kopfgleisen oder in stillgelegten Bereichen, die es auch am Essener HBF gibt, die aber von uns nicht untersucht wurden, sollte sich ein deutlich abweichendes Lagebild einstellen. Erst recht gilt dies für große, vielgleisige Rangierbahnhöfe. Schotterbänke, Steinhaufen, Stapel alter Schwellen etc. sind für wärmeliebende Tiere ideal, und der Trockenrasencharakter dieser Standorte dürfte nicht nur für artenreiche Pflanzengesellschaften sorgen (BRANDES 1993), sondern, analog dazu, auch die faunistische Diversität fördern. Diese Einschätzung untermauern BAUR et al. (2003) am Beispiel der Verhältnisse auf dem 235 ha großen DB-Gelände von Basel, das freilich gegenüber Essen klimatisch begünstigt ist. Sie listen neben 598 Gefäßpflanzen u.a. 662 Insektenarten und 68 Wirbeltiere auf (Amphibia: 2, Reptilia: 4, Aves: 53, Mammalia: 9). Die Säugetiere waren: Igel, Hausspitzmaus (*Crocidura russula*), Feldhase (*Lepus europaeus*), Wildkaninchen (*Oryctolagus cuniculus*), Eichhörnchen (*Sciurus vulgaris*), Steinmarder (*Martes foina*), Rotfuchs (*Vulpes vulpes*), Hauskatze (*Felis silvestris* f. *catus*) und die Waldmaus. Von diesen auch in NRW heimischen Arten kann man nach meiner Einschätzung alle, bis auf den Feldhasen, auch im näheren Einzugsgebiet des Essener Hauptbahnhofs erwarten. In der Fahrgastzone dagegen wäre nur mit der Hausspitzmaus oder anderen Soriciden zu rechnen. Wir sahen und fingen aber keine. Die nächtliche



Abb. 46: Kryptozoologisch anmutende Aufnahme einer Hauskatze am nächtlichen Bahnsteig.

Spurensuche im Schnee konnte im Hinblick auf die Säugetiere, zumal räuberische Vertreter, keine endgültigen Resultate erbringen, denn sie erfasste ja nur die bahnsteiganliegenden Bereiche und fand in einem Fall bei Neuschnee und daher möglicherweise verminderter tierischer Aktivität statt.

Der Mensch ist selbstverständlich der bedeutendste biotische Ökofaktor für die Waldmaus. Der Lebensraum ist völlig anthropogen. Wir haben beobachtet, dass die Gleismäuse durchaus scheu geblieben sind und auf von uns oder anderen Personen am Bahnhof geäußerte Bewegungen und Geräusche hin verharrend oder flüchtend reagierten (→ Kap. 4.3). Die Tiere hätten also Grund, von Menschen frequentierte Bahnsteigkanten zu meiden. Dennoch gibt die Statistik Anlass, anzunehmen, die Mäuse ließen sich mindestens tendenziell im Kernbereich des Bahnhofs am häufigsten beobachten. Über diesen Befund braucht hier nicht lange spekuliert zu werden. Wenn in den äußeren Bereichen des Bahnhofs schon ein nur geringer Prädationsdruck herrscht, so ist er im Kernareal, in ständiger menschlicher Gegenwart, sicher gleich Null. Vor allem aber ist ganz von selbst an die trophischen Einträge zu denken: Wartende Fahrgäste werfen ihre essbaren Abfälle gelegentlich ins Gleis. Wo der höchste Publikumsverkehr herrscht, wird auch am meisten weggeworfen, zumal sich im Bereich der mittleren Treppenaufstiege auch die Kioske befinden. Kioskbesitzer wie Waldmäuse richten sich also, obgleich zu sehr gegensätzlichen Tageszeiten, nach demselben Faktor – dem Ort der größten Menschenmenge.

Die nahrungsökologischen Bedingungen der Waldmaus am HBF Essen dürfen, vorsichtig geschätzt, als gut bis sehr gut angesehen werden. Unter den bestätigten Pflanzen waren mindestens 17 für das Fouragierverhalten von *A. sylvaticus* bedeutsame Taxa (vgl. Tab. 3 und 9). Daneben ist Aas eine natürliche, verkehrsbedingt relativ häufige und mangels größerer Konkurrenten auch ergiebige Nahrungsquelle. Gewisse Darmparasiten (Cestoda: *Hymenolepis hibernia*, → Kap. 10.3.4), deren Zwischenwirte Arthropoden sind, lassen zudem auf insectivore Anteile im Nahrungsspektrum der Gleismäuse schließen (TENORA, pers. Mitt., siehe Fußnote S. 111). Das wichtigste Futterreservoir dürften aber, wie gesagt, die anthropogenen Abfälle bereithalten (Abb. 47 und 48), ein Umstand, der, neben anderen, auch die Besiedlung von Müllkippen durch Waldmäuse und viele weitere Wildtiere erklärt (MEYER et al. 2003). Aus menschlicher Produktion stammende Nahrung ist häufig in einem, energetisch betrachtet, konzentrierten Zustand und liegt aufgrund von Fermentations- oder Erhitzungsprozessen während der Produktion gleichsam „vorverdaut“ vor. Der sich daraus ergebenden Frage, ob sich diese Eigenschaften auf die Morphologie des Verdauungsapparates der Gleismäuse auswirken, wird in Kapitel 11 nachgegangen.

Bemerkenswert ist, dass wir immer wieder Futter sahen (Brotreste, Früchte, Kadaver), an dem Mäuse in geringer Entfernung vorbeiliefen oder das über mindestens 2-3 Tage offenbar unberührt an Ort und Stelle verblieb (und damit auch tagsüber von Tauben nicht angerührt worden war). Dieser Umstand deutet keinen Nahrungsmangel an. KORN (1986) weist unter Bezugnahme auf andere Autoren darauf hin, dass Nagetierpopulationen gewöhnlich nicht einmal 6% des verfügbaren Nahrungsangebots eines (natürlichen!)

Lebensraumes nutzten und daher letale Futterkrisen nicht entstünden. Diese Angabe kann selbstverständlich nur Bestand haben, solange es nicht zu Massenvermehrungen kommt, in deren Folge die Kapazitätsgrenzen des Habitats überschritten werden.

Die Tatsache, dass wir mehr als dreißigmal Waldmäuse offen auf dem Gleis, also ohne Deckung, fressen sahen, ist interessant. Nach NIETHAMMER (1978) sucht *A. sylvaticus* zum Verzehr vorgefundener Nahrung gerne ein Versteck auf, auch die regelmäßige Anlage unterirdischer Futterkammern in den Gangsystemen spricht für diesen Umstand (JENNINGS 1975). In unseren Beobachtungsergebnissen mag sich wiederum der geringe Feinddruck widerspiegeln. Der Abtransport größerer Futterfragmente richtete sich wohl eher gegen Artgenossen (Futterneid).



Abb. 47 und 48: Für Waldmäuse der Bahnhofsgleise bilden fortgeworfene Lebensmittelreste bzw. Abfälle ein günstiges Futterangebot.

Die Frage stellt sich: Können Züge als Transportmittel für Waldmäuse dienen? Für diese spezielle Form einer Phoresie konnten wir keinerlei Beleg finden, denn was unter den angehaltenen oder parkenden Zügen geschah, entzog sich selbstredend unserer Beobachtung. Ich halte diesen Migrationsweg aber eingedenk des Sprung- und Klettervermögens der Waldmaus ohne weiteres für möglich. Sicher ist, dass auch durch Zugverkehr Stoffeinträge an Bahnhöfen stattfinden. Neben pflanzlichen Diasporen können auch größere „Brocken“ durch Züge mobilisiert werden. So fand ich auf den Gleisen des Düsseldorfer Hauptbahnhofs den frischen Kadaver eines Jagdfasans (*Phasianus colchicus*). Und schließlich versorgt der Zugverkehr das Gleis auch mit anthropogenen Abfällen, und seien es Exkremete durch die nach wie vor bestehenden offenen Toilettensysteme. Derartige Hinweise tragen dazu bei, die nahrungsökologische Situation der polyphagen Gleismäuse als günstig einzustufen.

3.5 Und die Hausmaus?

Weil bei der Vorbereitung des gesamten Projekts zunächst von der Hausmaus, nämlich der westlichen Art oder, je nach rodentologischer Expertise, Unterart (*Mus domesticus* oder *Mus musculus domesticus*) als „Zielorganismus“ ausgegangen wurde, sollen an dieser Stelle einige Anmerkungen dazu folgen.

In der Tat kann auch *Mus* als Gleismaus gelten. Anekdotische Beobachtungen gelangen mir in der näheren Region an den Hauptbahnhöfen der Rheinschiene von Düsseldorf (Abb. 49), Köln und Bonn. Am unterirdischen Bahnhof von Warschau sollen ebenfalls Hausmäuse vorkommen (DE MENDONÇA, pers. Mitt.). Alle diese Bahnhöfe haben ein Merkmal gemeinsam: Große Teile (Bonn, Düsseldorf) oder praktisch die gesamten Gleisanlagen (Köln, Warschau) sind vollständig überdacht – ein fundamentaler Unterschied zum Bahnhof von Essen und den sporadisch besuchten, sehr ähnlichen Anlagen aus Bochum, Duisburg und Oberhausen, wo ich ausschließlich Waldmäuse beobachtete. Die Komplettdachung hat mindestens zwei Folgen: Es gibt keine nennenswerte Vegetation und kein regelmäßiges Wasser. Es liegt nahe, dass diese stärkere Ausprägung anthropogener Überformung im Vergleich zu „grünen“ Bahnhöfen wie dem in Essen der Anpassungsfähigkeit der Hausmaus entgegenkommt („commensal niche“: YALDEN 1980), während sie die Waldmaus ausschließt. Umgekehrt fördern naturnähere Verhältnisse, gekennzeichnet durch spätere Sukzessionsstadien, die Waldmaus, so wie es BERRY (1969) nachweisen konnte. Er beschreibt, dass auf einigen kleineren Shetland-Inseln die Hausmaus verschwand, nachdem die Menschen die Örtlichkeit verlassen hatten. Ohne die akuten anthropogenen Umweltveränderungen war *Mus* der Konkurrenz von *Apodemus* nicht länger gewachsen. Vereinzelt Beobachtungen unsererseits am HBF Düsseldorf zeigten, dass dort die Waldmaus an den Rändern des Hallenüberbaus auftritt (so wie sie mit Sicherheit an jeder offenen Bahnstrecke Mitteleuropas zu erwarten ist, weil es sich um geradezu musterhafte Saumbiotope handelt). Leider gelang es nicht, interspezifisches Begegnungsverhalten zu protokollieren.

Übrigens sind Mäuse auf Gleisanlagen bereits in die Populärkultur eingegangen. In einem professionellen Musikvideo aus dem Jahr 2002 spielen offensichtlich angefütterte, sonst jedoch scheinbar unmanipulierte Mäuse auf Londoner U-Bahngleisen die Hauptrolle (Titel „Home and Dry“ des britischen Popmusik-Duos *Pet Shop Boys*). Dabei handelt es sich in jedem Fall um Hausmäuse, augenscheinlich um *M. domesticus*.



Abb. 49: Eine Hausmaus (*Mus domesticus*) als Gleisbesiedler des HBF Düsseldorf. Das Tier frisst an einem Stück Weißbrot, nicht an einem Zigarettenrest. (Foto: Y. Özbey)

4 Qualitative Auswertung zu Verhalten und Phänologie der Gleismäuse

4.1 Einleitung

Während dieser Studie gelangen den Mitgliedern der Gleismaus-AG am Essener Hauptbahnhof einige mitteilenswerte Beobachtungen an *A. sylvaticus*, deren Aussagewert quantitativ oder statistisch nur unzureichend zu erfassen wäre. Sie sollen hier vornehmlich deskriptiv dargestellt werden. Hinzu treten quantifizierbare Befunde, die *nicht* auf der standardisierten Datenerhebung des Waldmaus-Zensus beruhen.

Die meisten der in diesem Abschnitt auszuwertenden Erhebungen fielen in die Zeit der Protokollaufenthalte am HBF. Allerdings traten Sichtungen in den übrigen Zeiten hinzu, so wie in Kapitel 1.3 (Abschnitt II.) beschrieben. Dadurch ergab sich die Möglichkeit, anders als bei den fünfminütigen systematischen Aufnahmeeinheiten mit zufälliger Standortwahl, den Bereich zu wechseln, über den gesamten HBF Ausschau zu halten, entdeckten Mäusen nachzugehen und ihr Verhalten ausführlich zu beobachten. Wie verhalten sich Gleismäuse beim herannahenden Zug, wie bewegen sie sich fort, zeigen sie Fluchtverhalten? Und schließlich: Wann treten Jungtiere auf und lassen damit Rückschlüsse auf die Reproduktionszeit zu?

4.2 Material und Methoden

Die Freilandarbeiten und Gelegenheitsaufenthalte am HBF Essen begannen im Juni 2001 und endeten im April 2006. Sofern eine Verhaltensweise während der systematischen Aufnahmeeinheiten (SAE, $n=1.396$) aufgenommen werden konnte, ist sie im entsprechenden Protokoll vermerkt worden und konnte später unter Zuhilfenahme von ‚Mousetrack‘ abgerufen werden. Alle weiteren Aufnahmen waren von vorneherein anekdotischer Natur (unsystematische Aufnahmen, UA), und stammten z.B. von den 10-Minuten-Protokollen. Die Bestätigung juveniler Waldmäuse war sowohl Teil der SAE (inklusive möglicher Sichtungen außerhalb des bezeichneten 26 m² großen Feldes: SAA, → Kap. 1.3, Abschnitt I.) wie der 10-Minuten-Protokolle. Als Jugendmerkmale galten: Körpergröße, Körperproportionen und Fellfarbe. Die juvenile Waldmaus ist klein, wirkt langohrig und langbeinig und erscheint „mausgrau“. Diese Merkmale sind zumindest in den ersten Lebenswochen ausgeprägt („Erstlingskleid“: SCHRÖPFER 1984b).

Die Laufstrecken der Mäuse konnten leicht gemessen oder rekonstruiert werden, da ohnehin jeder Beobachter für die Definition der 10-m-Abschnitte sein Schrittmaß kennen musste und am HBF selbstverständlich Landmarken benutzbar waren. Freilich ergab sich das praktische Problem, die Laufstrecken der Gleismäuse korrekt nachzuvollziehen, da es zu definieren galt, wann ein Tier seinen Lauf nur unterbrach und wann es sozusagen, z.B. nach ausgiebiger Erkundung eines Versteckes, neu startete. Wir haben darum lediglich die

Strecken erfasst, die eine Maus erkennbar zielgerichtet, ohne deutliche Abweichungen von der Laufrichtung unternahm, und auf denen sie nur kleine Pausen von < 5 Sekunden einlegte.

4.3 Ergebnisse

Mitglieder der Gleismaus AG verbrachten an den Gleisen des HBF von Essen alles in allem 240 Stunden (nachts und in der Dämmerung: 167 h, tagsüber 73 h) während derer Mausbeobachtungen möglich waren, davon 233 während der regulären Arbeiten am Projekt (systematische Aufnahmeeinheiten: SAE, Vegetationsaufnahmen, Akustik, Fahrgastzahlen, Fotografieraufenthalte, Fangaktionen etc.). Auf sieben Stunden beliefen sich die Beobachtungsebenen aufgrund „privater“ Anwesenheit am HBF (als Fahrgast).

Insgesamt machten wir ca. 430 Mäusebeobachtungen, davon alleine 325 während der 103,1 Stunden der SAE (davon 273 als Ergebnis des Waldmaus-Zensus, 52 Sichtungen erfolgten – anekdotisch – außerhalb der je SAE festgelegten Fläche als Bestätigungen außerhalb des Abschnitts). 86 weitere Bestätigungen gelangen während der auf insgesamt 16,25 Stunden verteilten 10-Minuten-Protokolle, bei denen, wie bereits gesagt, nicht nur ein 10-m-Abschnitt sondern das ganze überschaubare Gleis berücksichtigt wurde, was die Sichtungswahrscheinlichkeiten zwangsläufig erhöhte.

Die meisten Individuen zeigten sich alleine bzw. ohne deutbaren Kontakt zu in der Nähe befindlichen Artgenossen auf dem Gleis. Siebzehnmal waren zwei, sechsmal drei und einmal vier Waldmäuse beieinander zu sehen, bei vier dieser Gelegenheiten war jeweils mindestens ein Jungtier beteiligt, die Gruppe der vier bestand überwiegend aus Jungtieren (mindestens drei). In sieben Fällen jagten bzw. verfolgten sich zwei Mäuse über die Gleise, dieses agonistische Verhalten dauerte nur kurz, längstens, bei einer Gelegenheit, 12 Sekunden.

Lediglich vier Waldmäuse wurden während des Zensus bei Tageslicht (11,2 Tages-Beobachtungsstunden) unmittelbar vor Einbruch der Abenddämmerung im Juni und Juli 2004 gesichtet, eine fünfte Waldmaus bemerkten wir bei gleicher Gelegenheit anekdotisch, d.h. außerhalb des eigentlich im Beobachtungsfokus liegenden, 26 m² großen 10-m-Abschnitts. Zu einer bemerkenswerten Begebenheit kam es während einer Fangaktion. Eine Waldmaus saß zur Mittagszeit im Juli auf der Holzkastenfalle eines über Nacht gefangenen Artgenossen und zog sich erst in eine Mauerspalte des Bahnsteigs zurück, als ich ins Gleis



Abb. 50: Gleismaus bei Tage. Das Tier sitzt auf einer Kastenfalle, in die sich eine andere Waldmaus über Nacht begeben hat. Beide Individuen kommunizieren miteinander.

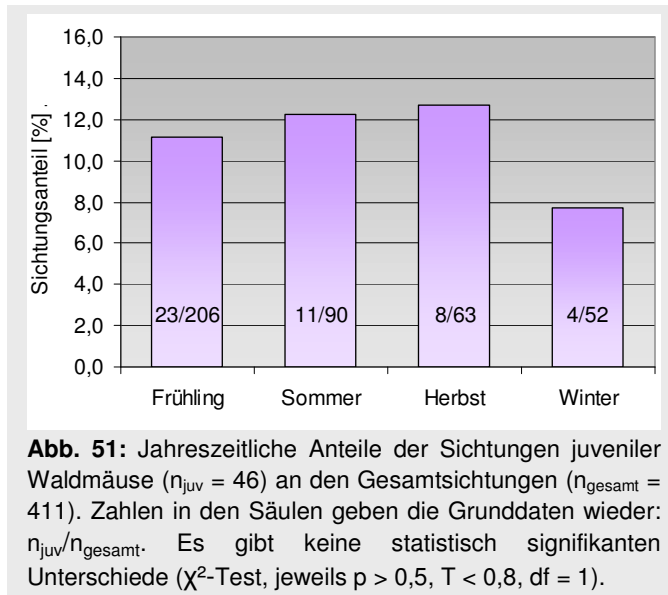
stieg, um diese Fälle einzusammeln (Abb. 50). Somit wurden während 73 Tagesbeobachtungsstunden lediglich sechs Waldmäuse am Hauptbahnhof Essen gesichtet. Manche Mäuse flohen aus dem betreffenden Gleis, wenn ein Zug in den Bahnhof einfuhr. Das bedeutet, sie liefen in den Zwischengleisbereich, an die Bahnsteigkante des Nachbargleises oder in ein Versteck (siehe weiter unten). Dieses Verhalten wurde von uns bei 359 Sichtungen aber nur sieben Mal festgestellt. Ebenso selten, nämlich zehn Mal, stellten wir fest, dass sich eine Gleismaus vom einfahrenden Zug „überrollen“ ließ, ohne aus dem Gleis zu verschwinden.

Steht man auf dem Bahnsteig „über“ den Gleismäusen, so reagieren sie unmittelbar auf vom Beobachter ausgehende optische und akustische Reize. Bewegungen veranlassen die Tiere zu kurzzeitiger Flucht meist unter die Schiene, bei fünf Gelegenheiten reagierten verharrende Mäuse auf relativ leise von mir geäußerte Zischlaute sofort und suchten Deckung auf. Allerdings waren fressende Mäuse weniger scheu und ließen sich darum auch leichter fotografieren (Abb. 47 und 48). Eine Maus, die kaum 2 Meter vom Bahnsteig entfernt aasfressend in einem Deckung spendenden Taubenkadaver saß, vermochte ich selbst durch lautes Fußscharren nicht zur Flucht zu bewegen.

Ausdrücklich vermerkten wir 10 Laufstrecken von mehr als 20 Metern. Sie wurden von den Mäusen fast ausschließlich auf dem Schienenfuß (Abb. 8) laufend zurückgelegt, seltener auch springend von Schwelle zu Schwelle, in ca. 40 cm langen Sprüngen. In drei Fällen betrug der von uns verfolgte Weg ca. 100 m (Maximalwert), er endete jeweils an einem Versteck. Eine solche gerichtete Lokomotion (der Mäuse) wurde immer wieder von kurzen, 1-3 Sekunden langen Stopps unterbrochen. Bei zwei dieser Gelegenheiten konnte ich als Beobachter die Geschwindigkeit errechnen: 1-1,25 m/Sek., das entspricht 3,6-4,5 km/h. Von diesen gerichteten Läufen (z.B. auf dem schnellsten Weg zum Versteck oder während der Flucht vor einem neugierigen Rodentologen) zu unterscheiden ist allerdings die „normale“ Fortbewegung, die offenbar während Exploration oder Nahrungssuche gezeigt wird. Die Mäuse bewegen sich dafür offen über die Gleisbetten oder eilen zwischen den Schwellen umher, wobei sie immer wieder die Schienenseite wechseln und deswegen einen Zickzack-Kurs einhalten. Oft verharren sie dann für kurze Zeit unter der Schiene (also zwischen zwei Schwellen) oder dem überhängenden Bereich mancher Bahnsteige. Sechs mal trafen wir Mäuse auf dem Bahnsteig an, die nicht ins Gleis liefen oder flüchteten, sondern dafür Strukturen auf der Plattform nutzten: Kabelabdeckungen, Lebensmittelautomaten und Kanalisationsdeckel. Davon unabhängig benutzten die Bahnhofsmäuse viele Verstecke (→ Kap. 2.1.3).

Fünfmal begegneten wir Mäusen „zufällig“ außerhalb der Gleise und Bahnsteige, nämlich auf den östlichen und westlichen Treppenaufgängen (nicht auf den zentralen, von Fahrgästen ständig benutzten Stiegen). Auch in diesen Fällen handelte es sich stets um Waldmäuse, die offenbar während der Nahrungssuche oder sogar Nahrungsaufnahme von uns „gestört“ wurden. Sie flüchteten jeweils in seitliche Hohlräume der Treppenstufen.

Insgesamt konnten 46 *zweifelsfrei* juvenile Mäuse bestätigt werden (SAE und 10-Minuten-Protokolle kombiniert), während wir im selben Zeitraum und während derselben Beobachtungseinheiten 411 Waldmaussichtungen am HBF Essen protokollierten. Dies entsprach einem Juvenilanteil von 11,2 %. Die juvenilen Individuen traten dabei in allen



Monaten (außer Dezember) und zu allen Jahreszeiten auf. Ihre Anzahl schwankte zwischen 1 (Juni, September) und 10 (Mai), wobei diese Schwankungen natürlich von der Menge der protokollierten Beobachtungen abhing. Abbildung 51 gibt deshalb den Anteil juveniler Tiere an der Gesamtmenge bestätigter Waldmäuse je Jahreszeit wieder. Unter den am HBF gefangenen Waldmäusen waren vier sichtlich gravid, zwei davon gingen Anfang Juni, zwei Ende Juli in

die Fallen. Die Embryonen wiesen eine Länge von mehreren Millimetern auf (\rightarrow Kap. 6.3). Da die Fangaktionen sich aber auf das Sommerhalbjahr konzentrierten, soll diese Information nur am Rande erwähnt werden und ist nicht geeignet, Rückschlüsse auf die Hauptreproduktionszeit zuzulassen.

4.4 Diskussion

Flucht und Überrollenlassen sind deswegen so selten beobachtbar, weil die Tiere sich oft schon vor dem Eintreffen der Züge „unsichtbar“ machten, also möglicherweise unter den Schienen hockten. Die „Dunkelziffer“ dürfte folglich höher sein. Es ist indes auch schwer zu beurteilen, ob eine Maus des sich nähernden Zuges wegen flüchtet, oder ob sie nur, ihrer allgemeinen Rastlosigkeit nachgebend, etwa während der Futtersuche das Gleis verlässt. Die über die Schienen sich fortpflanzenden Schwingungen eines Zuges können eine Maus früh genug warnen und zu einem Abwandern bewegen, das nicht nach Flucht aussieht. Fest steht, dass sich eine Gleismaus nicht notwendigerweise entfernt, wenn ein Zug über ihr einfährt. Ein Umstand, der übrigens auch schon Technikern der Deutsche Bahn (DB Systemtechnik) während der Durchführung von Wartungsarbeiten und Messfahrten aufgefallen ist: „Wie wir hier in München in den S-Bahn-Tunnel-Bahnhöfen beobachten können, schlüpfen die Mäuse bei Annäherung eines Zuges nur mal eben so etwas zwischen die Schottersteine; sie halten sich also im Bereich der Schienen und Achsen auf.“ (WILLENBRINK, briefl. Mitt., siehe Fußnote S. 41). Eine Aussage, die sich übrigens

wahrscheinlich auf *Mus domesticus* bezieht, da die Waldmaus in geschlossenen, d.h. vollständig überdachten Bahnhöfen nicht zu erwarten ist (→ Kap. 3.5).

Ein Zug kann die Gleisbesiedler höchstens durch den Sog gefährden. Der aber ist beim einbremsenden Fahrzeug, zumindest im Kernbereich der Fahrgastzone eines Bahnhofs, nicht mehr stark genug, eine Maus hochzureißen. Möglicherweise ist die bisweilen zu beobachtende „Flucht“ daher weniger eine Form der Gefahrenvermeidung, als vielmehr ein Komfortverhalten: Der Luftzug unter den bremsenden Waggons dürfte für die Tiere unangenehm sein, weil er z.B. akustische Belastungen (→ Kap. 2.2) oder die konfuse Auslenkung der Vibrissen mit sich bringt.

Eine Gewöhnung der Gleismäuse an den Menschen ist gewiss zu verzeichnen. Da die Fahrgäste jedoch überwiegend nicht an der Bahnsteigkante stehen, gehören sie aus Sicht der Mäuse möglicherweise einfach zum „Hintergrundrauschen“ und werden nicht beachtet oder als Gefahr wahrgenommen. Nähert man sich vom Bahnsteig aus einer Maus im Gleis vorsichtig an, sind die Beobachtungsmöglichkeiten bei einer Entfernung von manchmal weniger als zwei Metern gut. In natürlichen Biotopen erscheint dies kaum möglich. Dennoch sind die Tiere aufmerksam und flüchten bei weiteren Bewegungen des Beobachters oft einige Meter weit, was z.B. den Tierfotografen trotz Übersichtlichkeit des Terrains auf eine Geduldprobe stellt – ein für Freilandstudien typisches Problem: „The mice were always extremely alert to noise or movement.“ (BROWN 1969, S. 207). Mithin haben die Gleismäuse ihr typisches, vorsichtiges – „schreckhaftes“ – Verhalten nicht ganz abgelegt, wie unsere „Vor-Ort-Versuche“ (Zischlaute) zum Schreckreflex zeigten. Dieser Befund ist als ein erster Hinweis darauf zu werten, dass die Tiere zuglärmbedingt nicht gravierend gehörgeschädigt sind, ein Thema, auf das in Kapitel 12 noch einzugehen sein wird.

Außerhalb des Gleis- und Bahnsteigbereichs, auf den westlichen und östlichen Aufgängen, die von den beiden Seiteneingängen des Hauptbahnhofs ausgehen, fanden wir, wie beschrieben, ebenfalls Waldmäuse vor. Diese überdachten, trockenen Bereiche (Ausnahme: Getränkereste, menschlicher Urin) stellen die Anbindung zur den Bahnhof umgebenden Infrastruktur (Straßen, Bushaltestellen u.ä.) her. Sie sind als von *A. sylvaticus* besiedelt bzw. genutzt zu betrachten und weisen als Teil des Lebensraums Hauptbahnhof zwei wichtige Habitatparameter auf: Nahrung in Form von Abfall und sehr stabile Unterschlüpfen in den Treppenstufen, deren Eingänge von Feinden oder Konkurrenten, z.B. *R. norvegicus*, kaum zu erweitern wären, und die darum sehr sicher und dauerhaft sind.

Das gleichmäßige Auftreten von Jungtieren zu allen Jahreszeiten (Abb. 51) ist interessant. Entsprechend gute Futterressourcen (beispielsweise eine starke Buchenmast) vorausgesetzt, ist *A. sylvaticus* das ganze Jahr über zu reproduktiver Tätigkeit fähig (SMYTH 1966, ERIKSSON 1984, FLOWERDEW 1985). Es bleibt überdies anzumerken, dass unsere Diagnose des Alters eher konservativ erfolgte. Angesichts der Schwierigkeit, einer vorüberhuschenden Maus das Alter abzulesen, notierten wir nur Fälle, in denen die oben angesprochenen Jugendmerkmale deutlich zu erkennen waren. Junge Mäuse sollten also in unseren Daten eher unterrepräsentiert sein. Wie DICKMAN & DONCASTER (1987, S. 638) in

der Bewertung ihrer Ergebnisse zur urbanen Ökologie der Waldmaus (aus Oxford) konstatieren, zeigen juvenile Individuen wahrscheinlich eine am Fundort etablierte Population an: „There is little doubt that populations in most patches were resident. Juveniles and pregnant and lactating adults of all species were trapped during the survey period [...]“. BELLAMY et al. (2000, S. 137) vertreten, mit Bezug auf Randstreifen von Landstraßen, dieselbe Ansicht: „The presence of breeding adult and juvenile rodents suggested that road verges supported established populations.“

Die von den Gleismäusen am Stück zurückgelegten Strecken betragen in mehreren Fällen bemerkenswerte 100 Meter; 20 bis 30 (beobachtete) Meter kamen häufig vor. Hierbei handelte es sich unzweifelhaft nicht um Such- oder Explorationsverhalten. Die Tiere steuerten jeweils zielstrebig ein Versteck an. Dem kommt die von linearen Strukturen (→ Kap. 2.1.3) geprägte Umwelt des Bahnhofs sicher entgegen. Nach NOWAK (1991) haben die Männchen von *A. sylvaticus* üblicherweise einen Home-Range-Durchmesser von gut 100 m, die Weibchen von gut 60 m. JENSEN & NIELSEN (1986) untersuchten die Waldmaus in ihrer Funktion als tierischer Vektor („dispersal agent“) schwerer Waldbaumfrüchte (Eicheln, Bucheln). Die beiden Wissenschaftler halten Distanzen von 21-90 m (Schnitt: 45,5 m) zwischen dem ersten und dem zweiten Fangort desselben markierten Individuums für mitteilenswert – Angaben, die Rückschlüsse auf die Verbreitungsgeschwindigkeit von Klimaxbaumarten zulassen, Angaben auch, die den unseren ziemlich genau entsprechen, wenn sich auch die Methoden unterschieden haben. Allerdings seien, so die beiden Autoren, bis zu 300 Meter lange Erkundungsausflüge („exploratory excursions“) von Waldmäusen verschiedentlich gemessen und publiziert worden.

5 Quantitative Auswertung zu Verhalten und Phänologie

5.1 Einleitung

Direkte Freilandbeobachtungen bei Kleinnagern sind aufgrund ihrer geringen Größe und den guten Versteckmöglichkeiten in den natürlichen Lebensräumen schwierig. Arbeiten, die zur Lebensweise von *A. sylvaticus* fundamentale Daten liefern, welche man zuvor außerhalb einer allzu leicht verfälschenden Laboratmosphäre am lebendigen Tier ermittelte, sind vergleichsweise selten. Und selbst in diesen Fällen kamen die Forscher nicht ohne gewisse Eingriffe in die Umwelt ihrer Studienobjekte aus. So gewöhnte GARSON (1975) die Waldmäuse an von ihm eingerichtete Futterstellen, während BROWN (1969) selbstverfertigte Fährtenkartons („tracking cartons“) auslegte und in die ergänzenden Direktbeobachtungen integrierte.

Unsererseits galt es zu klären, wann die Gleismäuse ihre Aktivität beginnen, in welcher Tages- bzw. Nachtzeit die Aktivitätsspitzen liegen und ob jahreszeitliche Einflüsse auf die Aktivitätsmaxima bzw. die Populationsdynamik erkennbar sind. Außerdem war es von

Interesse, mögliche Raumnutzungsmuster aufzudecken und der Annahme nachzugehen, die Mäuse würden nicht alle von uns untersuchten Gleisregionen gleichmäßig frequentieren, sondern bestimmte Abschnitte bevorzugen. Eine solche Ungleichverteilung könnte den möglicherweise ebenfalls heterogen verteilten Ressourcen Deckung und Nahrung folgen und somit unmittelbar von menschlichen Aktivitäten (Abfälle) abhängen. Es lag darum nahe, der Frage nachzugehen, ob ein Zusammenhang zwischen der Verteilung der Fahrgäste (→ Kap. 3.3.2.1) und einem örtlich gehäuftem Auftreten von Waldmäusen, abgelesen am Sichtungsquotienten, bestand.

5.2 Material und Methoden

Die Datenerhebung für die quantitative Auswertung erfolgte wie bereits in den Kapiteln 1 (Abschnitt I.) und 1.1 erläutert. Grundlage waren die systematischen Aufnahmeeinheiten (SAE), die ihren Niederschlag in Protokollbögen (Anhang 1) fanden. Die Zeitangaben sind, sofern nötig, zwecks Standardisierung vor der Datenverarbeitung auf Mitteleuropäische Zeit (MEZ) umgerechnet worden. Gegebenenfalls wurde zwischen Tagesstunden, Dämmerungsstunden und Nachtstunden (Dunkelheit) differenziert. Als Dämmerungsstunde definierte ich jene, in die der Zeitpunkt des Sonnenaufgangs (SA) bzw. des Sonnenuntergangs (SU) fiel. Maßgeblich für die Festlegung dieser zwei Stunden pro Tag waren die astronomischen Daten (SA, SU) des 15. jedes Monats für Düsseldorf (Quelle: Internet, <http://www.wetteronline.de/>). Beispiel: Die Zeit *16-17 Uhr* wurde im Sommerhalbjahr als Tagesstunde, in manchen Monaten des Winterhalbjahres hingegen als Dämmerungsstunde gewertet (am 15. Dezember 2003 fand der SU um 16.22 Uhr statt).

5.3 Ergebnisse

Zwischen dem 9.4.2003 und dem 29.8.2004 führten die Mitglieder der Gleismaus AG 1.396 systematische Aufnahmeeinheiten (SAE) am Hauptbahnhof von Essen durch. Darunter waren 273 Sichtungen einer Maus im Abschnitt innerhalb von 5 Minuten (SIA) und mithin 1.124 fünfminütige SAE ohne Sichtung. Die Netto-Zeitdauer (ohne Zeiten für Standortwechsel etc.) aller SAE belief sich auf 103,1 Stunden, davon 11 Stunden bei vollem Tageslicht. Für die ganze systematische Waldmauserfassung liegt der Sichtungsquotient (SQ_{Gesamt}) folgerichtig bei 0,196 bzw. 20% (273/1396). Anders gesagt: Jede fünfte SAE wurde mit dem Erscheinen einer Waldmaus beendet. Oder auch: Suchte man fünf verschiedene Beobachtungsposten im Fahrgastbereich des HBF von Essen auf, konnte man, statistisch gesehen, darauf zählen, in einem Falle eine Waldmaus innerhalb von 5 Minuten im betrachteten Abschnitt zu sehen. Allerdings gibt es eine Einschränkung: 122 der 1.396 SAE fanden bei Tage statt, sie dienten quasi der Absicherung der Erkenntnisse aus

den Vorstudien (Tagesbeobachtungen am HBF vor dem Zeitraum der eigentlichen Beobachtungen ab Februar 2003, → Kap. 1; Literaturrecherche): Tagsüber sind Waldmäuse nicht aktiv. Tatsächlich wurde kein Tier bei vollem Tageslicht bestätigt. Die Tagesbeobachtungen senken mithin den SQ. Errechnet man den SQ_{Aktiv} (gültig für Dämmerung und Nacht), liegt dieser bei 0,21 (SAE = 1.274, Sichtungen im 10-m-Abschnitt: SIA = 273), der SQ_{Tag} bei 0,00 (SAE = 122, SIA = 0). Der SQ_{Aktiv} ist somit adäquat und wird in den folgenden Auswertungen vorwiegend angegeben.

5.3.1 Forscheraktivität

Bevor ich zu den eigentlichen Ergebnissen komme, soll hier zunächst ein kurzer, der Vollständigkeit dienender Blick auf die zeitlichen Präferenzen der Beobachter am Hauptbahnhof geworfen werden (Abb. 52). Grundlage dafür ist der Waldmaus-Zensus, also die systematischen Aufnahmeeinheiten (SAE). Unsystematische Arbeitsstunden am HBF (Fangaktionen, akustische Studien etc.) spiegeln sich in Abbildung 52 nicht wider. Sie veranschaulicht, dass wir uns auf die Abend- und Nachtstunden konzentrierten – also den aus der Literatur bekannten Aktivitätszeitraum von *A. sylvaticus*. Man erkennt ein Beobachtungshoch von 19 bis 22 Uhr, eine Zeitspanne, die in einem Großteil des Jahres von Dämmerung und/oder Dunkelheit betroffen ist. Leider nahm die Beobachtungshäufigkeit in der zweiten Nachthälfte und vor allem in den Morgenstunden (ab 5 Uhr) deutlich ab. Die bis hierhin in den zwei vorangegangenen Kapiteln getroffenen Aussagen sind somit, soweit sie sich auf die Dämmerungsaktivität von *A. sylvaticus* beziehen, vor allem für die Abenddämmerung gültig.

Auch die Verteilung der Posten, die wir jeweils in Anlehnung an die 10-m-Abschnitte auf den Bahnsteigen bezogen hatten, war ungleichmäßig. Jeder Punkt des Bildauszugs (Abb. 53) von Mousetrack stellt eine SAE dar. Rote Punkte bedeuten „keine Sichtung“ während 5 Minuten im vorgenommenen Abschnitt, grüne Punkte repräsentieren einen Sichtungserfolg (Bestätigung im Abschnitt). Insgesamt sind in Abbildung 53 alle 1.396 SAE dargestellt. Es zeigt sich, dass markante, mit einer Landmarke versehene Orte auf den Plattformen offenbar bevorzugt wurden, denn es sind Verdichtungen der Punkte z.B. an den Treppen, den Dachenden (Dreiecke) oder den die Bahnsteigabschnitte bezeichnenden Lettern (A-E, auf der Karte ortstreu vermerkt) zu erkennen.

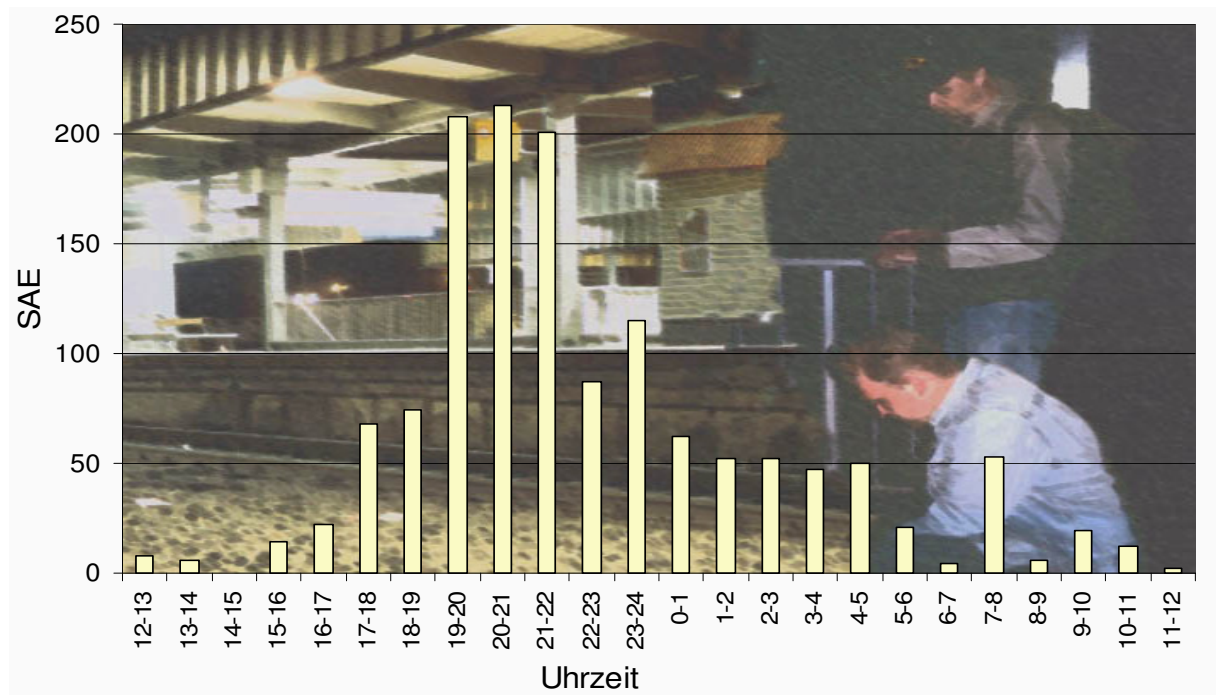


Abb. 52: Aktivitätsmuster der Gleismausforscher (systematische Aufnahmeeinheiten = 1.396, Auswertung mit *Mousetrack*).

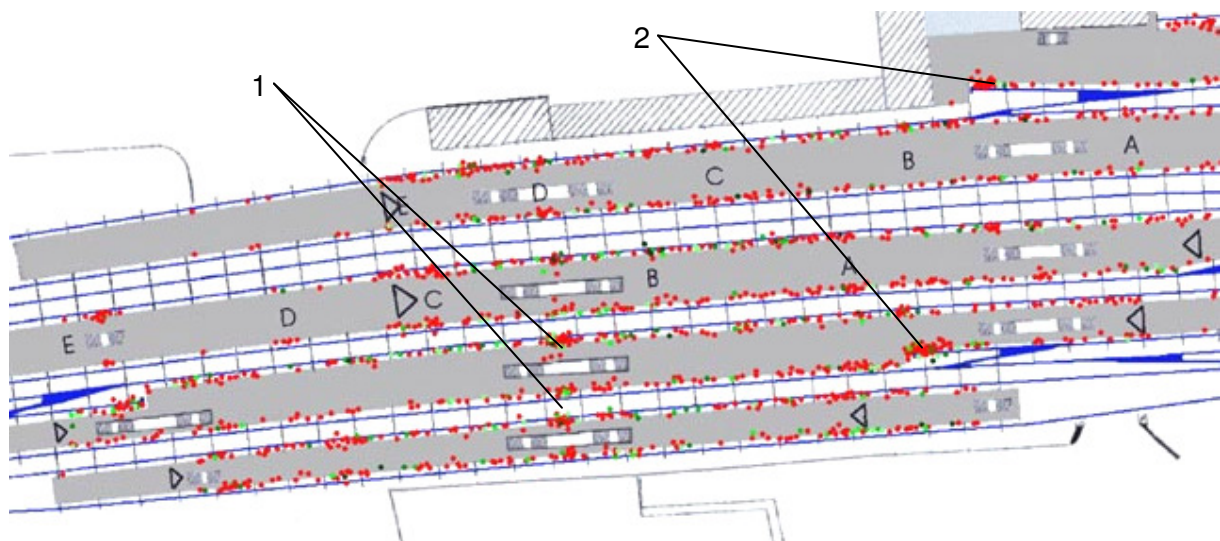


Abb. 53: Verteilung aller systematischen Aufnahmeeinheiten ($n = 1.396$) am HBF Essen (*Mousetrack*-Screenshot). Die Linien bezeichnen lokale Anhäufungen, die auf Landmarken hinweisen, von denen sich die Protokollführer (in erster Linie der Verfasser selbst) bei der Wahl des Beobachtungsortes offensichtlich beeinflussen ließen: z.B. zentrale Treppenaufgänge (1), Flächen hinter Kopfgleis-Prellböcken (2).

5.3.2 Zeitliche Auswertung

Die folgenden Abbildungen geben den SQ_{aktiv} über den gesamten Studienzeitraum monatsweise (Abb. 54), nach Jahreszeiten (Abb. 55) und je Halbjahr (Sommer/Winter, Abb.

56) an. Abbildung 58 veranschaulicht den SQ_{Aktiv} über die Tagesstunden in Stundenpaaren. Alle Signifikanzprüfungen basieren auf χ^2 -Tests (Kreuztabellen).

Der Jahresverlauf bezieht sich auf 17 Monate und daher auf zwei unvollständige Jahre. Aus Abbildung 54 geht ein absolutes Minimum im Dezember hervor und zwei relative Maxima, einmal im Spätsommer/Frühherbst 2003, einmal im Frühsommer 2004. Der absolut und hervorstechend höchste Wert wurde im ersten Monat der Studie erreicht (April 2004). Werden die Monate zu Jahreszeiten zusammengefasst (Abb. 55), dann ragt ebenfalls das Frühjahr 2003, bestehend nur aus April und Mai, hervor. Die Unterschiede wurden einer statistischen Überprüfung (siehe Legende von Abb. 55) unterzogen, welche die Ausnahmestellung des ersten Frühjahrs bestätigt, aber sonst keinerlei Signifikanzen ergab. Kombiniert man die Einzeldaten noch weiter und vergleicht daraufhin Sommer- und Winterhalbjahr miteinander, resultiert daraus eine abgesicherte Differenz, wenn man das „Ausreißerfrühjahr“ berücksichtigt (Abb. 56). Bleibt es außen vor, liegen die Sichtungsquotienten (SQ_{Aktiv}) zwar noch immer augenfällig auseinander (Sommerhalbjahr: 0,22, Winterhalbjahr: 0,18), aber dieses Ergebnis stützt sich auf keine statistische Signifikanz (Abb. 56). Wie sehr der April 2003 ausreißt, zeigt ein letztes Mal Abbildung 57, welche jene fünf Monate gegenüberstellt, die in beiden Jahren erfasst worden sind. Nur die SQ_{Aktiv} der beiden April-Aufnahmen differieren demnach in signifikanter Weise.

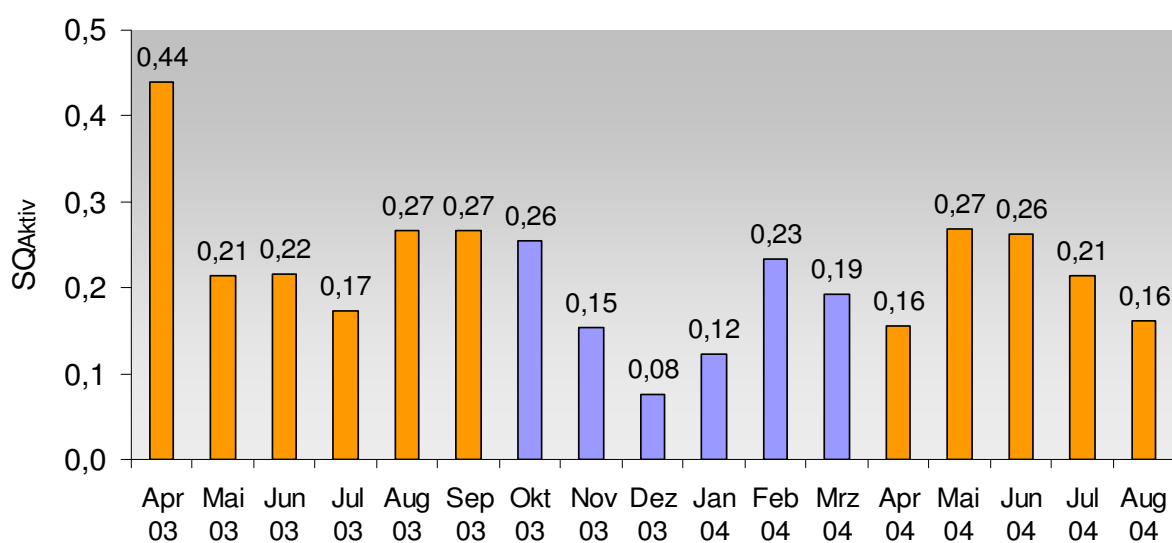


Abb. 54: Monatsweise Verteilung der Sichtungsquotienten (SQ_{Aktiv} ; SAE = 1.274). Monate des Sommerhalbjahres orange, des Winterhalbjahres blau.

Zur Erläuterung: SQ_{Aktiv} = Anzahl der systematischen Aufnahmeeinheiten (SAE) mit Waldmaus-Sichtungen dividiert durch die Gesamtmenge der SAE während der Aktivitätszeit der Mäuse (Dämmerung, Nacht).

Die tageszeitliche Betrachtung des SQ_{Aktiv} gibt die Aktivitätscharakteristik von *A. sylvaticus* am HBF Essen gut wieder. Abbildung 58 zeigt die in Stundenpaaren zusammengefassten SQ_{Aktiv} der Dämmerungs- und Nachtzeit. Auf das ganze Jahr bezogen (SAE = 1.274) war die Doppelstunde III von 20-21.59 Uhr auch statistisch abgesichert die mit dem höchsten SQ_{AKTIV}

(= 0,29), also mit der größten Sichtungswahrscheinlichkeit. Ein weiteres – relatives – Aktivitätsmaximum trat nicht auf.

Aus Abbildung 59 ist abzulesen, wie sich die Aktivitätsverläufe der Waldmäuse von Sommer- und Winterhalbjahr unterscheiden. Im Gegensatz zur Abbildung 58 habe ich den SQ_{Aktiv} nun nicht über den Uhrzeiten, sondern, wie in der Legende von Abbildung 59 erläutert, über den Aktivitätsphasen aufgetragen. Damit soll den unterschiedlichen Verhältnissen von Sommer- und Winterhalbjahr Rechnung getragen werden: Im Winterhalbjahr beginnen die Mäuse früher damit, rege zu werden und aus ihren Schlupfwinkeln hervorzukommen. Daher bezeichnen dieselben Aktivitätsphasen verschiedene Uhrzeiten bzw. Stundenpaare, und die Kurven setzen sinnvollerweise an gleicher Position der Abszisse an. Im Sommer gab es einen Aktivitätspeak relativ kurz nach Beginn der Aktivitätszeit in Phase II (20-22 Uhr), der dann stetig abfiel. Im Winterhalbjahr dagegen dauerte es länger, bis zur Phase III, bevor die Mäuse ihr erstes Aktivitätsmaximum erreichten, ebenfalls zwischen 20 und 22 Uhr. Später, zwischen Mitternacht und 2 Uhr, folgte ein zweites. Selbstverständlich sind die Nächte im Sommerhalbjahr kürzer, weshalb die Phasen VII und VIII entfielen.

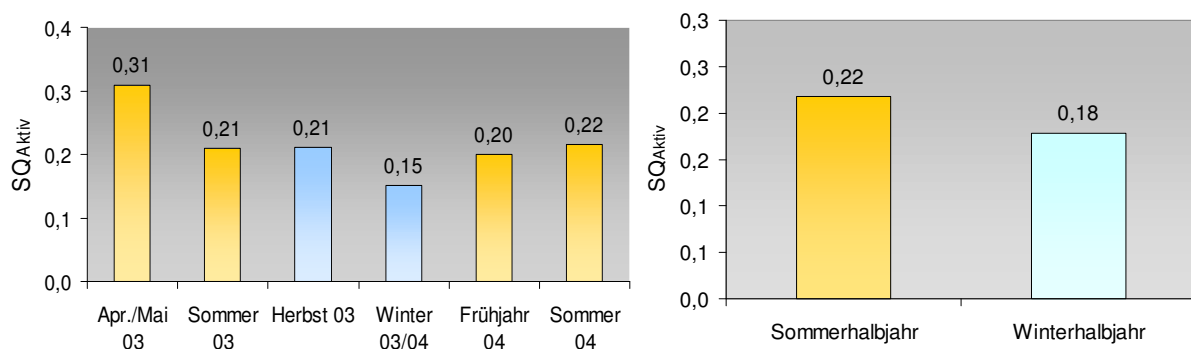


Abb. 55 (links): Jahreszeitliche Verteilung der Sichtigungsquotienten (SQ_{Aktiv} ; SAE = 1.274). Das Frühjahr 2003 besteht hier nur aus April und Mai, da im März noch keine SAE erfolgten. Sein SQ_{Aktiv} liegt statistisch signifikant höher als jene vom Sommer und Herbst 03 ($p = 0,028$, $\chi^2 = 4,918$, $df = 1$ und $p = 0,019$, $\chi^2 = 5,752$, $df = 1$), und hochsignifikant höher als im Winter 03/04 und Frühjahr 04 ($p < 0,000$, $\chi^2 = 14,372$, $df = 1$ und $p = 0,006$, $\chi^2 = 7,692$, $df = 1$); der Unterschied zum Sommer 04 lässt sich ebenso wie alle anderen Differenzen statistisch nicht absichern ($p > 0,05$).

Abb. 56 (rechts): Unterschiede des SQ_{Aktiv} im Sommer- und Winterhalbjahr (April-Sept., Okt.-März, resp., SAE = 1.073; April und Mai 2003 wurden ignoriert, um den Ausreißerwert des April auszulassen). Der Unterschied ist insignifikant ($p = 0,123$, $\chi^2 = 2,594$, $df = 1$). Nimmt man April/Mai 2003 nicht heraus, beläuft sich der SQ_{Aktiv} für das Sommerhalbjahr auf 0,24, die Werte weichen dann hochsignifikant voneinander ab ($p = 0,005$, $\chi^2 = 8,062$, $df = 1$; SAE = 1.274).

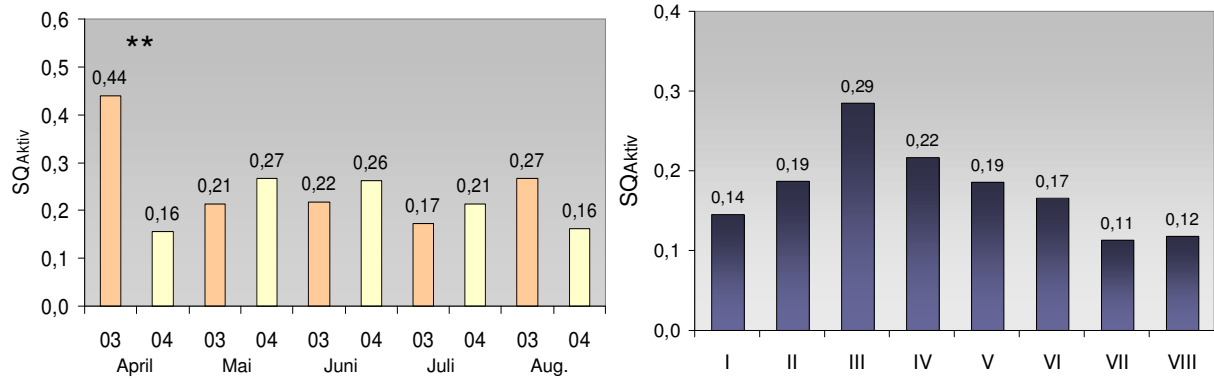


Abb. 57 (links): Vergleich der SQ_{Aktiv} der fünf doppelt belegten Monate aus den Jahren 2003 und 2004 (SAE = 628). Lediglich im April gibt es einen statistisch abgesicherten Unterschied ($p < 0,001$, $\chi^2 = 15,373$, $df = 1$).

Abb. 58 (rechts): Stundenpaarweise Verteilung der Sichtungsquotienten (SQ_{Aktiv} ; SAE = 1.274); I: 16-17.59 Uhr, II: 18-19.59 Uhr, III: 20-21.59 Uhr, IV: 22-23.59 Uhr, V: 0-1.59 Uhr, VI: 2-3.59 Uhr, VII: 4-5.59 Uhr, VIII: 6-7.59 Uhr (alle MEZ). Die Stunde von 8 bis 9 Uhr fällt heraus, obwohl sie im Winter (Dez., Jan.) zu den Dämmerungsstunden zählt. Es lagen aber keine SAE für diese Zeit vor. Folgende Unterschiede zwischen den Säulen sind signifikant bzw. hochsignifikant: I-III ($p = 0,018$, $\chi^2 = 5,960$, $df = 1$), II-III ($p = 0,007$, $\chi^2 = 7,442$, $df = 1$), III-V ($p = 0,036$, $\chi^2 = 4,889$, $df = 1$), III-VI ($p = 0,017$, $\chi^2 = 6,153$, $df = 1$), III-VII ($p = 0,008$, $\chi^2 = 7,112$, $df = 1$), III-VIII ($p = 0,011$, $\chi^2 = 6,505$, $df = 1$).

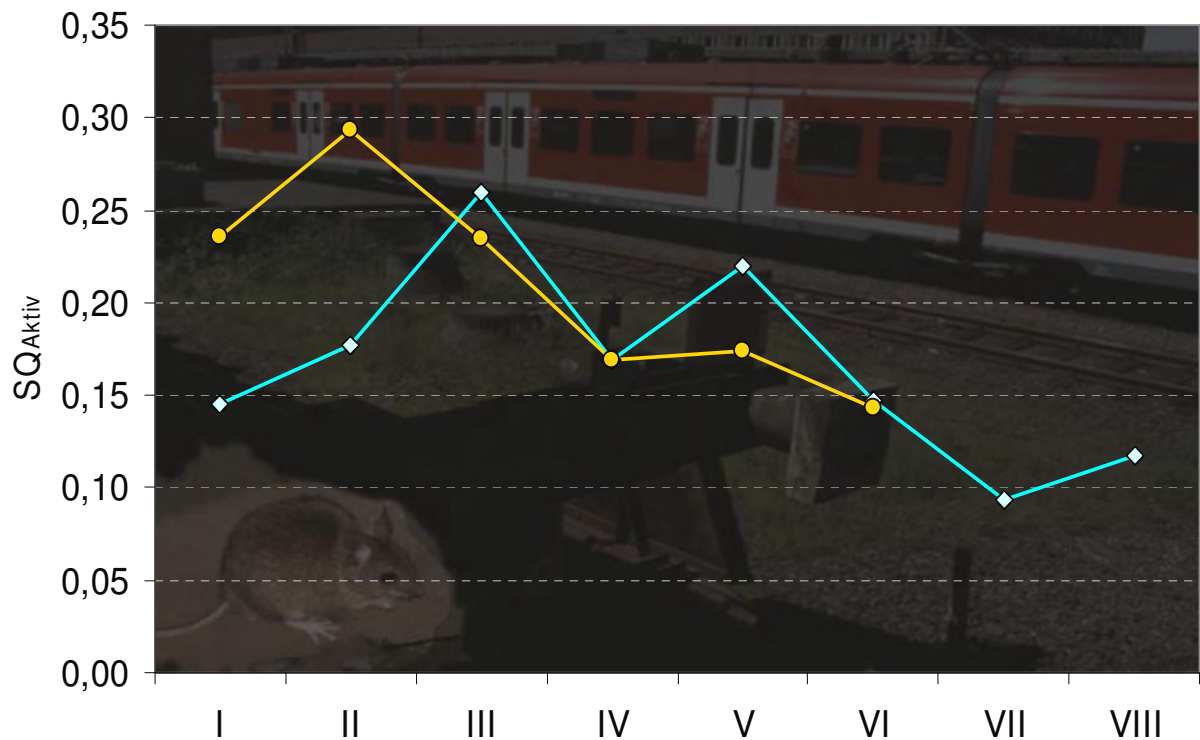


Abb. 59: Aktivitätsmuster (gemittelte SQ_{Aktiv}) der Bahnhofsmäuse in Abhängigkeit von Dämmerungs- und Nachtphasen (SAE = 1.274). Orangefarbene Kurve: Sommerhalbjahr (Sh), hellblaue Kurve: Winterhalbjahr (Wh). Die römischen Zahlen repräsentieren Aktivitätsphasen. Für das Wh gilt: I = 16-17.59 Uhr, II = 18-19.59 Uhr, III = 20-21.59 Uhr, IV = 22-23.59 Uhr, V = 0-1.59 Uhr, VI = 2-3.59 Uhr, VII = 4-5.59 Uhr, VIII = 6-7.59 Uhr. Im Sh verschieben sich alle Phasen um ein Stundenpaar nach hinten (I = 18-19.59, usw.).

5.3.3 Räumliche Auswertung

Abbildung 60, ein Screenshot des Programms Mousetrack, veranschaulicht das Auftreten von Waldmäusen im überschaubaren Bereich (vgl. Abb. 3) des HBF Essen. Sie lässt erkennen, wie sich die Funde über den Bahnhof verteilten, allerdings sind Anhäufungen grüner Punkte, die Sichtungen (Bestätigungen im 10-m-Abschnitt) repräsentieren, nicht gleichbedeutend mit örtlichen Präferenzen der Bahnhofsmäuse, denn sie können auch auf häufiges Aufsuchen dieser Stellen durch die Beobachter (und damit gestiegene Sichtungschancen) hindeuten. Daher weist Abbildung 62 die nunmehr wohlbekannteren Sichtungsquotienten aus, diesmal räumlich verteilt und auf jeweils 30 Meter lange (aus drei 10-m-Abschnitten bestehende), jeweils 78 m² umfassende Bereiche zusammengefasst. Der Abschnitt mit dem höchsten SQ_{Aktiv} ($> 0,5$), gewissermaßen der Ort, der am ehesten eine Waldmaussichtung versprach, lag nahe den zentralen Treppen an Gleis 4. Im Übrigen gab es praktisch im gesamten Kernareal des Hauptbahnhofs keinen von der Waldmaus ungenutzten Gleisbereich.

Es ist hier am Platz, nach einer möglichen Verbindung von Sichtungserfolgen und Fahrgastverteilung auf den Bahnsteigen (\rightarrow Kap. 3.3.2.1) zu suchen. Ein Vergleich der Abbildungen 61 und 43 mag eine Tendenz der Gleismäuse für den Bereich nahe den zentralen Treppen suggerieren. Diese Einschätzung wird von der statistischen Analyse bedingt gestützt. Die bivariate Pearson-Korrelation des Sichtungsquotienten (SQ_{Aktiv}) mit der Fahrgastdichte (in %; genaue Werte, nicht Klassen), vorgenommen für jene 63 30-m-Abschnitte, die *sowohl* bei der Fahrgasterhebung *als auch* während der Mausbeobachtungen (systematische Aufnahmen, SAE) berücksichtigt wurden, ergab einen geringen, indes signifikanten Zusammenhang ($r = 0,274$, $p = 0,03$). Unternimmt man zusätzlich einen Mittelwertvergleich, indem man die Werte der Fahrgastdichte in zwei Gruppen einteilt, wobei diese Einteilung in Anlehnung an einen Schwellenwert von $SQ_{Aktiv} = 0,2$ erfolgt, dann konnten 32 Abschnitte, für die Werte über die Fahrgastdichte *und* den SQ_{Aktiv} vorlagen, der ersten Gruppe ($SQ_{Aktiv} \geq 0,2$), die übrigen 31 Abschnitte der zweiten Gruppe ($SQ_{Aktiv} < 0,2$) zugeordnet werden. Die Mittelwerte dieser beiden Gruppen betragen 15,3% (für $SQ_{Aktiv} \geq 0,2$) bzw. 9,8% (für $SQ_{Aktiv} < 0,2$), der Unterschied spiegelt eine statistische Tendenz wider (Tab. 11). Anders formuliert: Die Bereiche, in denen eine relativ hohe Wahrscheinlichkeit besteht, eine Waldmaus zu sichten, sind zumindest tendenziell auch jene, wo sich prozentual die meisten Bahnkunden aufhalten.

Tab. 11: Vergleich des Fahrgastaufkommens je SQ_{Aktiv} -Spanne am HBF Essen (T-Test).

Summe der relativen Fahrgastaufkommens je 30 m Abschnitt (kumulierte %-Werte)	n	Mittelwert (%)	Standardabw.	p (T; df)
für $SQ_{Aktiv} \geq 0,200$	488,8 %	32	15,3	12,1
für $SQ_{Aktiv} < 0,200$	304,7 %	31	9,8	11,4
				0,071 (1,839; 61)

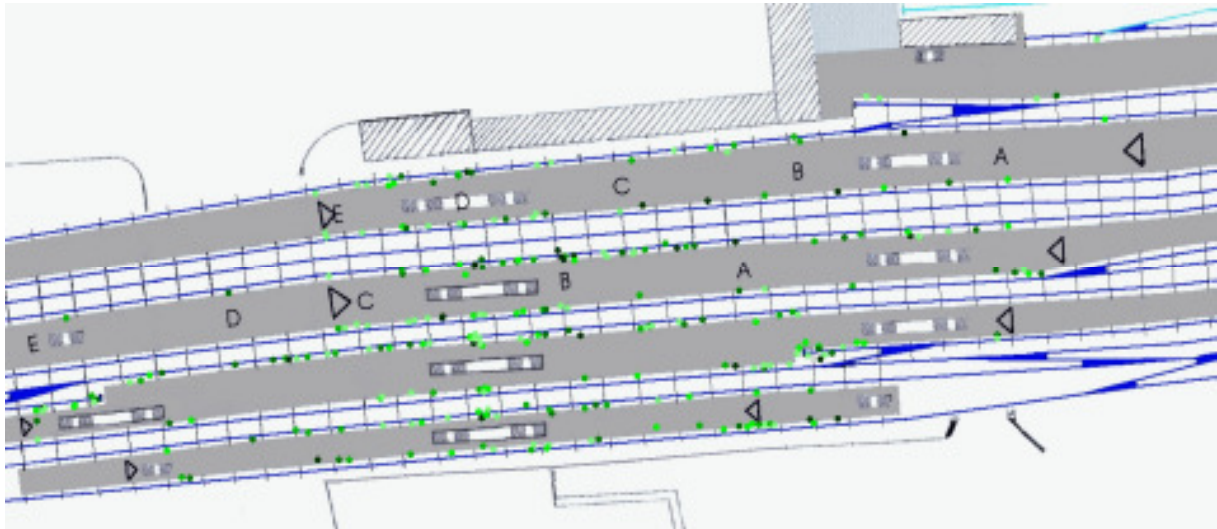


Abb. 60: Verteilung von Maussichtungen über den beobachteten Teil des HBF von Essen (Mousetrack-Screenshot). Die Darstellung entspricht Abb. 53, allerdings sind die roten Punkte (= SAE ohne Sichtung) ausgeblendet.

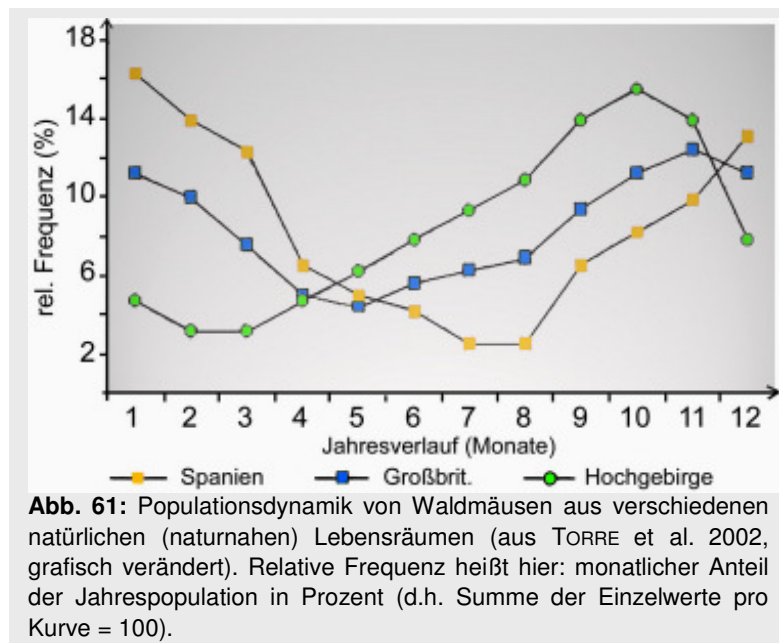
5.4 Diskussion

Die Feldbeobachter am HBF Essen lassen in ihren Aktivitäten ein „menschliches“ Verhalten erkennen. Maßgabe war die zufällige zeitliche und örtliche Beprobung des Untersuchungsgebietes, um einen möglichst guten repräsentativen Zensus zu erhalten. Diese Zufälligkeit mit dem Ziel einer gleichmäßigen Verteilung ist nur zum Teil gelungen. Bevorzugte Aufenthaltszeit am HBF war die erste Nachthälfte, und markante Landmarken auf den Bahnsteigen wurden auch von uns Forschern unbewusst zur Festlegung des Beobachtungspostens genutzt. Die Vielzahl der Einzeldaten, zumal, wenn man sie zu größeren zeitlichen oder räumlichen Einheiten zusammenfasst (zeitlich: Stundenpaare, Monate, Jahreszeiten; räumlich: 30 Meter lange Abschnitte, Gleise), sollte hier aber gegensteuern.

Die phänologischen Daten, so wie in den Abbildungen 54 bis 56 gezeigt, werden durch ein studienimmanentes Problem abgeschwächt: Ist der geringe SQ_{Aktiv} des Winters nun der verminderten Aktivität der Waldmäuse geschuldet, oder ist die Abundanz in der kalten Jahreszeit einfach geringer. Oder beides? Oder interferieren diese Parameter sogar? Um dieses Problem zu mindern hatten wir, wie oben beschrieben, nach jeder systematischen Aufnahmeeinheit den Standort verlagert, um Doppelzählungen zumindest während einer Nacht zu minimieren. Dennoch kann die beschriebene Unschärfe – eine Folge der in Kapitel 1.6 geschilderten konzeptionellen Zwänge, die Gleismäuse nicht individualisieren zu können – nicht völlig beseitigt werden. Aus Abbildung 61 geht hervor, dass die aufs Jahr bezogene Populationsentwicklung von *A. sylvaticus* je europäischer Region ein ziemlich gleichläufiges Muster mit allerdings deutlichen zeitlichen Divergenzen beschreibt. Das (festgestellte!) Minimum liegt im Gebirge im Winter, im nördlichen Europa im Frühsommer, im Mittelmeerraum im Hochsommer. Die Maxima stimmen etwas besser überein und fallen in

die Zeit von Oktober bis Januar. Zieht man unsere Angaben heran (Abb. 54), dann ergibt sich ein inkonsistentes Bild. Im Jahr 2003 fanden wir ein relatives Minimum von Mai-Juli, im Folgejahr wiesen die gleichen Monate aber das Maximum des SQ_{Aktiv} auf. Besonders ins Auge springt der Unterschied der Aprildaten (SQ_{Aktiv} 0,44 bzw. 0,16). Die Spätherbst- und Wintermonate November bis Dezember fielen lediglich einmal in die Phase unserer Feldarbeit (2003). Im Widerspruch zu den Angaben von TORRE et al. (2002, Abb. 61) deutete die kalte Jahreszeit bei uns das Gegenteil eines hohen Populationsplateaus an. Diese Unterschiede könnten auch auf voneinander abweichenden Methoden basieren, denn die Arbeiten, die TORRE et al. (2002) für die Herstellung der Grafik heranzogen, die hier als Abbildung 61 lediglich grafisch etwas abgewandelt wiedergegeben wird, stützten sich auf Untersuchungen, denen übliche feldbiologische Methoden zugrunde lagen, z.B. sukzessive Wiederfänge markierter Waldmäuse.

Eine zusätzliche oder alternative Erklärung lässt sich aus dem betrachteten Habitat ableiten. Die Periodizität der Waldmaus und ökologisch ähnlicher Arten in *naturnahen* Lebensräumen folgt durchaus der Vegetationsentwicklung und hier vorrangig der Samenreife der Futterpflanzen (SCHRÖPFER 1984a). Diese jahreszeitlich gebundene Ungleichverteilung der Nahrungsgrundlagen tritt am HBF Essen so nicht auf. Wie ich bereits dargelegt habe, stehen den Gleismäusen



Abfälle zur Verfügung, und diese anthropogene Futterquelle unterliegt keinen saisonalen Einflüssen.

Bereits unsere relativ kurze Untersuchungsperiode von 17 aufeinanderfolgenden Monaten bringt zum Ausdruck, dass es eine jährlich wiederkehrende, gleichsinnige Populationsentwicklung offenbar nicht gibt. Indes sind Angaben zur Populationsentwicklung ohnehin vielfach widersprüchlich. So fand GREEN (1979) auf Agrarflächen in verschiedenen Jahren sehr unterschiedliche Minima der Populationsdichten vor. Einmal lagen die niedrigsten Abundanzwerte der Waldmaus im Sommer (Juni-August 1976), mit steilem Anstieg ab August/September, in den zwei anderen Jahren (1975, 1977) wurden die Minima in der Zeit von März-Mai verzeichnet, eine dramatische Populationszunahme folgte ab Mai/Juni. In Übereinstimmung mit meinen eigenen hier präsentierten Daten fanden BENGTON et al. (1989) auf Island ein Winterminimum, das Maximum lag dagegen, wie „üblich“ (Abb. 61), im Herbst.

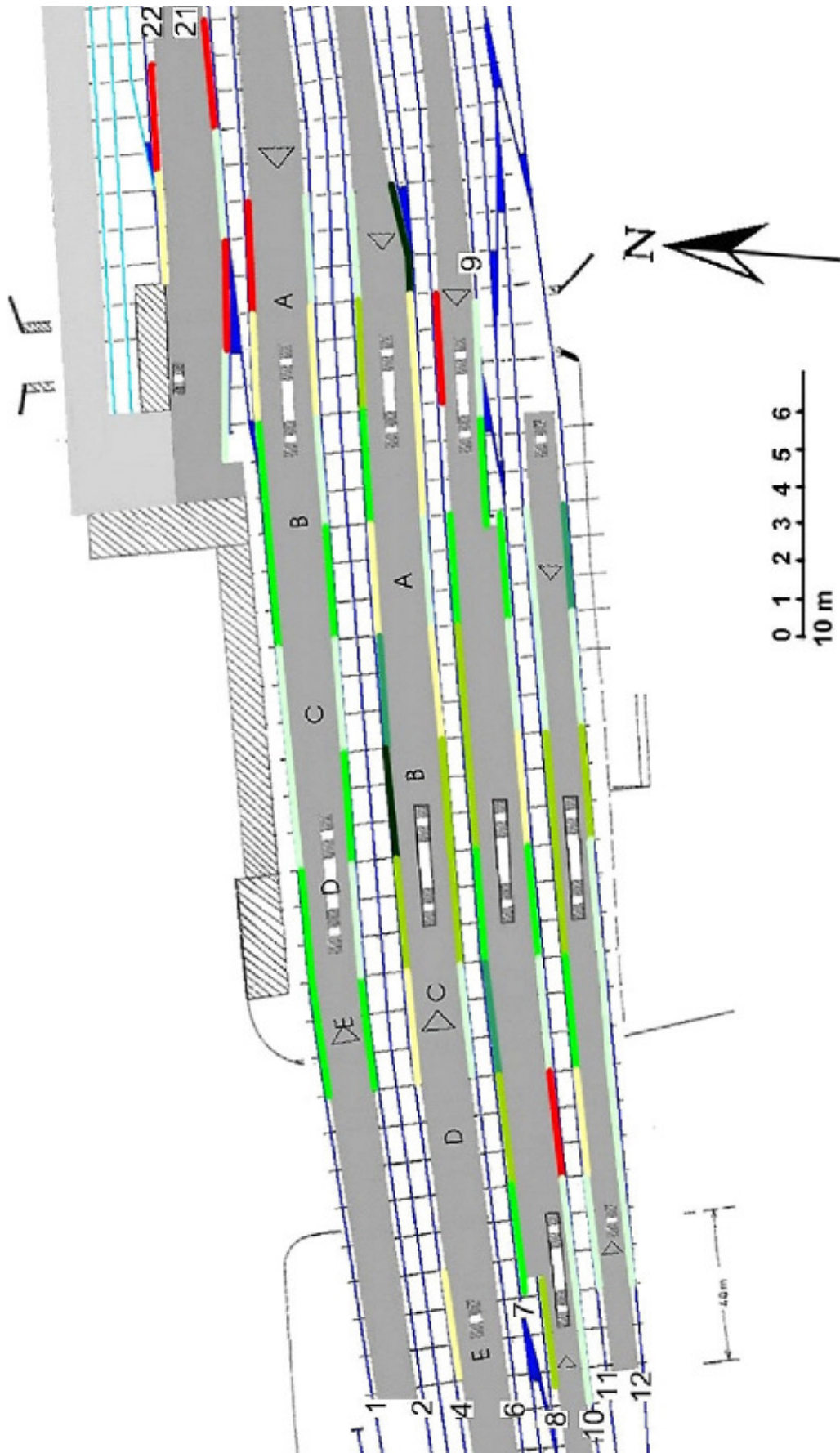


Abb. 62: Verteilung der Sichtungserfolge (SQ_{Aktiv}, in Klassen, Farbabstufungen) auf den Gleisen des HBF Essen (zu 30m-Abschnitten zusammengefasst, Gleise nummeriert).

Es sei nochmals gesagt: Der SQ_{Aktiv} lässt zwar nicht erkennen, ob er maßgeblich von der individuellen Aktivität der Waldmäuse oder der Siedlungsdichte oder deren Wechselwirkungen bestimmt wird. Dieses Manko spielt im Falle des stundenweisen Vergleichs aber eine untergeordnete Rolle. Entscheidend ist weniger, dass, wie Abbildung 59 veranschaulicht, die SQ_{Aktiv} phasenweise auseinanderliegen, der höchste Wert im Sommer erreicht wird und die Kurven sich schneiden. Entscheidend ist die Charakteristik ihrer Verläufe, und die divergieren deutlich: ein Gipfel im Sommer, zwei im Winter. Der rasche Anstieg der Aktivität mit nur einem Sommer-Peak (Abb. 59, orangefarbener Graph) lässt sich leicht deuten. Nach einem langen Tag – und einer kurzen vorherigen Nacht – „sitzen“ die Mäuse sozusagen „in den Startlöchern“, um alsbald in wenigen Dunkelstunden ihre Bedürfnisse befriedigen zu können: Nahrungs- und Partnersuche, Reviermarkierung, Eintrag von Nistmaterial, Exploration etc. Die Resultate sind konsistent mit denen anderer Studien, etwa von MONTGOMERY & GURNELL (1985). Auch WOLTON (1983) und GORMAN & ZUBAID (1993) stellten in kurzen Sommernächten meist nur eine ausgedehnte Aktivitätsphase fest, in langen Nächten jedoch zwei bis fünf deutlich kürzere. Dieser diskontinuierliche Verlauf des Winters erfolge in direkter Abhängigkeit vom Stand der „Magenfüllung“, also vom Energiebudget. Die Mäuse verließen ihre Baue praktisch nur zur Nahrungsaufnahme. GRODZINSKI (1985) weist auf das geringe Vorkommen adipösen Gewebes bei der Waldmaus hin. *A. sylvaticus* hält keine Winterruhe sondern betreibt eine „körperexterne“ Vorratshaltung, in dem sie z.B. Eicheln und Bucheckern einlagert (JENSEN & NIELSEN 1986). Aber es gibt Belege, dass die Art in der kalten Jahreszeit ihren Grundumsatz reduziert und die Tiere passiver werden (GRODZINSKI 1985, GORMAN & ZUBAID 1993), so wie es auch Abbildung 54 nahe legt, selbst wenn man eine verminderte Winterabundanz unterstellt. Dieser Umstand ist freilich wiederum vom Lebensraum abhängig und fällt womöglich in „kargen“ Habitaten (Dünen) weniger deutlich ins Gewicht als in produktiven Vergleichsgebieten (Eichenwald), wo die Einrichtung reichlicher pflanzlicher Nahrungsdepots möglich ist (GORMAN & ZUBAID 1993). Wie MILLER (1955) nachwies, beginnen Waldmäuse mit dem Nahen des herbstlichen Äquinoktiums (Tag-Nacht-Gleiche) diese Depots einzurichten. Später, in den kältesten Monaten, besitzen sie folglich eine energiesichernde, leicht aufzufindende Futterquelle und können die Nahrungssuche beschränken. Vielleicht ist hier auch der Grund für das Winterminimum des SQ_{Aktiv} zu suchen, denn am HBF genügen den Mäusen relativ wenige Ausflüge, um gehaltvolle Nahrung einzutragen (→ Kap. 3.3.3).

Interessant ist der Umstand, dass die absoluten Aktivitätspeaks beider Kurven aus Abbildung 59 zwar in verschiedenen „Aktivitätsphasen“ fallen, aber die betreffende Uhrzeit jeweils die gleiche ist: 20 und 22 Uhr. Diese Zeit sticht auch aus Abbildung 58 als jene mit dem höchsten SQ_{Aktiv} (0,29) hervor. Möglicherweise nutzen die Bahnhofsmäuse für die Einstellung der inneren Uhr neben der Photoperiode andere Zeitgeber, die das Maximum der Aktivität unabhängig von der Tageslänge auf die Zeit zwischen 20-22 Uhr festlegen (Phase III im Winter, Phase II im Sommer). Die weitgehende zeitliche Inkongruenz von Zugverkehr und Waldmaus-Aktivität ist bereits in früheren Abschnitten mehrfach angesprochen worden.

Der Leser kann sie mit einem Vergleich der Abbildungen 16-18 einerseits und 59 andererseits weiter fundieren.

Die Verteilung der Waldmäuse (genauer: der Maussichtungen), so wie sie aus den Abbildungen 60 und 61 hervorgeht, lässt eine komplette Nutzung der Gleisbetten im Hauptbahnhof erkennen. Die Tiere treten also nicht nur punktuell auf. Dennoch scheint eine gewisse Neigung evident, das engere Zentrum des „Zentralen Bahnhofsbereiches“ zu bevorzugen, das Gebiet unweit der Mitteltreppen. Dort halten sich die meisten Menschen auf (tagsüber deutlich mehr als nachts) und dort ist daher auch mit den höchsten Anteilen fortgeworfenen, fressbaren Mülls zu rechnen (→ Kap. 3.4).

Zur absoluten Siedlungsdichte der Waldmäuse am HBF liegen mir keine guten Daten vor, die plausible Berechnungen rechtfertigen würden, wiewohl die Kenntnis dieses fundamentalen populationsökologischen Parameters wünschenswert gewesen wäre. Der Blick in Publikationen zum Thema offenbart eine große Spanne, die sich sicher mit der Varianz der berücksichtigten Habitate erklären lässt, mit der Jahreszeit zum Zeitpunkt der Erhebung sowie der jeweils bestehenden Phase des (langfristigen) Populationszyklus der Waldmaus: HALLE (1993) überliefert eine saisonbedingte Schwankungsbreite von 20-86 Ind./ha (Rheinland, Braunkohlere Kultivierungsfläche); BAKER et al. (2003) zählten 0-202, im Mittel 86 Ind./ha (Bristol, Hausgärten); DICKMAN & DONCASTER (1987) bestätigten durchschnittlich 40-45 Ind./ha (Oxford, Obstgärten) bzw. annähernd 18 Ind./ha (Oxford, Hausgärten) und zitieren mit Bezug auf englische Wälder Abundanzen von maximal (!) 18,2 Ind./ha bzw. 9-65 Ind./ha; BENGTON et al. (1999) berichten von bis zu 150 Ind./ha, meist 50-90 Ind./ha (Island, Hochstaudenflur); und schließlich erfasste GREEN (1979) die Siedlungsdichte der Waldmaus auf landwirtschaftlichen Nutzflächen Englands mit 0,46 – 17,54 Ind./ha. Dieses Zahlenspiel auf Basis verschiedenster Abundanzwerte legt immerhin die Folgerung nahe, dass Städte den Waldmäusen eine gute Besiedlungsgrundlage bieten – womöglich eine bessere, als es Agrarlandschaften tun.

B. Invasive Untersuchungen

6 Fang und Körpermorphometrie

6.1 Einleitung

Neben den Beobachtungen und Messungen am Hauptbahnhof waren für den zweiten Teil meines Projektes allgemeine und spezielle Untersuchungen an lebendigen und toten, konservierten Waldmäusen vorgesehen. Bevor in Folgekapiteln Teile des Verdauungstraktes oder des Innenohrs in den Blickpunkt rücken, werden in diesem Abschnitt fürs Erste die Maßnahmen geschildert, die wir einsetzten, die Waldmäuse zu fangen.

Im Mittelpunkt stehen die für vergleichbare Untersuchungen an wildlebenden (Klein-)Säugetieren üblichen morphologischen Messgrößen (Längen- und Gewichtsparameter, vgl. z.B. CORBET & OVENDEN 1982). Sie sind nicht nur von nachrichtlichem Wert, sondern können alleine schon Aufschluss über markante Abweichungen von der arttypischen Norm geben. Deshalb beziehe ich in den Diskussionsteil der Literatur entnommene Angaben aus Waldmaus-Studien ein, die in der gleichen geographischen Region, Nordrhein-Westfalen, entstanden. Nach den bis hierhin mit Bezug auf die trophische Situation präsentierten und diskutierten Befunden (→ Kap. 3.3.3 und 3.4) lässt sich zum Beispiel hypothetisieren, dass die Waldmäuse der Bahnhofsgleise, da sie Zugang zu menschlichen Abfällen mit hohen Fettanteilen haben, größer und/oder schwerer sind als ihre Artgenossen der Parks und Gärten. Dieses Thema gehe ich in dem späteren Kapitel 9 noch genauer an. In den folgenden Abschnitten sollen vorerst nur mögliche erste Hinweise Aufmerksamkeit finden.

6.2 Material und Methoden (einschl. ethischer Anmerkung)

Fangorte waren die befahrenen Gleise des Essener Hauptbahnhofs vor den von den Fahrgästen frequentierten Bahnsteigabschnitten und die Prellbockbereiche der im Bahnhof endenden Kopfgleise („Kernbereich“, vgl. Abb. 3), sowie, zum Erhalt von Vergleichsmäusen aus naturnäheren Lebensräumen Essens, Gärten (in den Stadtteilen Haarzopf und Holsterhausen), Parks (Universitäts-Campus, Segeroth-Park, Parkfriedhof Huttrop), Ruderalflächen (Stellwerkgelände der DB am HBF, an den Eisenbahntrassen im Ostviertel und der Hachestraße) und Teile des Stadtwaldes (Essen Margarethenhöhe). Die genannten Areale waren jeweils durch Hecken, dichtbewachsene Waldränder oder grasig-krautigen Bodenbewuchs gekennzeichnet, auf den bewaldeten Flächen stockten ausschließlich oder ganz überwiegend Laubgehölze.

Das Aufstellen der Fallen erfolgte am Bahnhof in Zusammenarbeit mit und unter Begleitung von örtlichen Mitarbeitern der DB-Netz AG (→ Kap. 1.6, Abb. 7). Zu beachten

war dabei, dass stets an einer Seite jeder Falle ein Wandkontakt bestand (z.B. Bahnsteig,



Abb. 63: Ausrangierte Schwellen als Fangort für Vergleichsmäuse im Bereich der Bahntrassen des Essener Ostviertels.

Gleisinstallationskästen, Mauerwerk o.ä.). Die konkrete Anordnung der Fallen am HBF folgte den strukturellen Gegebenheiten („Gleisbettmorphologie“) bzw. den Zwängen von Sicherheit und Sichtschutz, denn die Fallen sollten den Blicken der Fahrgäste wenn möglich verborgen bleiben, um keine Neugierde zu erwecken oder Vandalismus zu provozieren. Je Fallenstandort (z.B. im Bereich von Prellböcken, Signal- und Weichenanlagen: Abb. 9, 14, 15, 19) wurden vier bis sechs Fallen aufgestellt.

Auch in den Vergleichshabitaten positionierten wir die Fallen entlang „mäuseverdächtiger“ Strukturen (liegendes Totholz, Steinhäufen, Gebäudekanten etc.) (Abb. 63).

Es sollten möglichst viele Mäuse erbeutet werden, eine rasterförmige oder transektale Ausbringung der Fallen kam nicht in Betracht (sie wäre am HBF aufgrund eingeschränkter Verfügbarkeit des beprobten Raumes auch nicht durchführbar gewesen). Für den Fang der in ethologischen Versuchen und morphologischen Untersuchungen zu verwendenden Waldmäuse standen zwei Lebendfallentypen in Gebrauch (faltbare Aluminiumfallen vom Typ Sherman, 9x7,5x23 cm, Fa. H.B. Sherman Traps, Tallahassee, FL., USA; Holzkastenfallen mit Metallwippen, 17x7x5 cm, Fa. Ehlert & Partner, Niederkassel-Rheidt, Abb. 64). Als Köder dienten handelsübliche Schokowaffel-Schnitten („Neapolitaner“), auch um Soriciden nicht zu locken.

Die Fallen wurden am späten Nachmittag oder Abend aufgestellt und stets bis zum Mittag des nächsten Tages eingesammelt. Die Zeiten richteten sich, sofern Fangaktionen am Bahnhof betreffend, auch nach den Arbeits- und Verfügungszeiten der Angestellten der DB-Netz AG. Bei kühlen Temperaturen ($< 10^{\circ}\text{C}$) gaben wir den Fallen etwas Zellstoff zum Nestbau bei, auf trockenes Wetter wurde geachtet. An 12 Fangterminen zwischen dem 29.5.2001 und dem 2.6.2005 (nicht 2002) kamen am Essener HBF insgesamt 174 Holzfällen und 90 Sherman-Fallen zum Einsatz (264 Fallennächte). Die Vergleichsmäuse fingen wir zwischen dem 12.7.2001 und dem 27.7.2006 an 31 Terminen mit 202 Holzfällen und 105 Sherman-Fallen (307 Fallennächte).



Abb. 64: Holzkastenfallen und Fangerfolg.

Die gefangenen Tiere wurden zur Universität gebracht und im Labor zunächst narkotisiert, geschlechtsbestimmt und vermessen. Die aufgenommenen morphometrischen Parameter waren: Gewicht (g), Kopf-Rumpf-Länge, Schwanzlänge, Ohrmuschellänge, Hinterfußlänge (alle in mm). Die Gewichtsmessung erfolgte mit einer Laborwaage (Sartorius LC 6201S, Sartorius AG, Göttingen, auf hundertstel Gramm), für die Längenmessungen stand eine elektronische Schieblehre zur Verfügung. Tiere, die nicht für Experimente vorgesehen waren, wurden dann unter Finalnarkose durch zervikale Dislokation getötet, decapitiert und ihr Bauchraum wurde mittels medianen Schnitts eröffnet. Eventuell schloss sich die Entnahme des Dünndarms (Intestinum tenue) an (→ Kap. 10.2.4, 11), unbeschadet davon wurden Kopf und Rumpf in 4%ige Formaldehydlösung zur Fixation der Gewebe verbracht und licht- und luftdicht bei Zimmertemperatur gelagert. Nach 3-5 Wochen erfolgte eine Umbettung in 70%ige Ethanolösung. Die Schädellänge (Condylbasallänge) ermittelte ich jeweils an fixierten, konservierten Tieren. Embryonen sind der Länge, bzw., sofern noch in kugelförmiger Form vorgefunden, dem Durchmesser nach vermessen worden.

Für die statistische Absicherung bei Mittelwertvergleichen verwendete ich die in Kapitel 1.5 beschriebenen Ansätze.

Ethische Anmerkung

Es wurden alle Anstrengungen unternommen, den Stress der Tiere bei Fang, Haltung und Tötung zu minimieren. Die hierfür benutzten Einrichtungen, Geräte und Verbrauchsstoffe stammten alle aus dem Bestand der Abteilung für Allgemeine Zoologie der Universität Duisburg-Essen bzw. wurden vom Zentralen Tierlabor des Universitätsklinikums Essen zur Verfügung gestellt. Das involvierte Personal war entsprechend ausgebildet. Die Tierhaltung und alle experimentellen Verfahren standen im Einklang mit den Regularien der Europäischen Union zu Haltung und Nutzung von Labortieren.

6.2.1 Artbestimmung

Apodemus sylvaticus ist eine relativ leicht zu bestimmende Art. Da aber juvenile Tiere gräulich gefärbt sind und es zu Beginn der Studie noch gewisse Unsicherheiten in der Arterkennung gab, wurde bei einigen Zweifelsfällen eine zusätzliche Speziesdetermination mittels des ersten Molars im Oberkiefer (M^1) durchgeführt, der bei der Hausmaus – im geographischen Bereich dieser Studie die westliche (Unter-)Art *Mus domesticus* – im Normalfalle 3 Wurzeln, bei der Waldmaus aber mindestens 4 Wurzeln aufweist (NIETHAMMER 1978). Hierfür wurde der M^1 vorsichtig mit einer Pinzette bzw. mit den Fingern aus den Alveolen gelöst und dann mit einer Lupe oder einem Stereoauflichtmikroskop untersucht.

6.3 Ergebnisse

Insgesamt fingen der Autor und seine Arbeitsgruppe 189 Waldmausindividuen (HBF: 90, Vergleichslebensräume: 99). Ferner wurden im Segeroth-Park (ca. 200 m nördlich der Uni gelegen) drei Rötelmäuse (*Clethrionomys glareolus*) erbeutet, in Essen Haarzopf (Gartenlandschaft) geriet, trotz vegetarischen Köders, eine Hausspitzmaus (*Crocidura russula*) in die Falle. Alle „Beifänge“ wurden wieder ausgesetzt. In zehn Zweifelsfällen, „hausmaus-farbene“, juvenile Waldmäuse zum Beginn der Studie, wurde die



Abb. 65: Der Molar 1 jeder Oberkieferhälfte von *A. sylvaticus* (hier einer Bahnhofsmaus) hat normalerweise 4-5 Wurzeln, jener von *Mus* besitzt nur deren drei.

Artzugehörigkeit über die Wurzelzahl des M¹ bestätigt: Es lagen jeweils 4-5 Wurzeln vor (Abb. 65).

In einigen Fällen gestaltete sich die Alterszuordnung der Waldmäuse schwierig. Diese „subadulten“ Exemplare wurden den Jungtieren zugeschlagen, wenn Körperfärbung und Körperproportionen noch jugendlich aussahen und die Testes nicht skrotal bzw. die Papilla mammae unauffällig ausgebildet waren. 26 Tiere waren danach juvenil, unter den als (sub-)adult eingestuft Waldmäusen waren 69 Weibchen und 94 Männchen.

Dieser Unterschied in der Verteilung der Geschlechter war statistisch (knapp) signifikant ($p = 0,050$, $\chi^2 = 3,834$, $df = 1$). Daraus ergab sich ein „fallenbezogenes Geschlechterverhältnis“ von 1,36:1 (♂♂:♀♀). Insgesamt 75 subadulte und erwachsene Waldmäuse stammten vom HBF, die Geschlechterverteilung lag bei 33 ♀♀ gegenüber 42 ♂♂. Auf den Vergleichsflächen wurden 88 Subadulti und Adulti gefangen (36 ♀♀, 52 ♂♂). Relativ gesehen waren also am HBF 44% der gefangenen Waldmäuse weiblich, 56% männlich; für die städtischen Wälder, Parks und Gärten lagen diese Werte bei 41% und 59%. Diese zwei habitatgebundenen Verteilungen waren also sehr ähnlich, und den mangelnden Unterschied reflektierte auch die statistische Überprüfung ($p = 0,751$, $\chi^2 = 0,158$, $df = 1$). Das „Geschlechterverhältnis in den Fallen“ lag folglich in beiden Gruppen annähernd gleichauf bei ca. 1,3-1,4:1 (♂♂:♀♀).

Tab. 12: Embryonenzahl und Fangtermine von 14 trächtigen Waldmausweibchen aus den Jahren 2001-2005 (6 Gleismäuse, 8 Vergleichsmäuse).

Fangorte (Essen)	Fangdatum	Anzahl Embryonen	Länge Embryo [mm]
Huttrop	12.04.	1	35,0
Ostviertel	12.04.	5	6,0
Huttrop	12.04.	3	12,5
Uni-Campus	21.05.	?	-
HBF	02.06.	5	-
HBF	02.06.	4	4,0
Uni-Campus	15.06.	4	-
HBF	24.07.	4	9,1
HBF	24.07.	4	5,7
DB Stellwerk	27.07.	4	10,0
Uni-Campus	31.07.	4	-
HBF	02.09.	5	-
HBF	02.09.	4	-
Segeroth-Park	15.09.	6	-
Mittelwert (Stabw)		4,1 (1,2)	

Alle erwachsenen Mäuse waren dorsal braun oder braungrau gefärbt, die meisten wiesen einen kleinen, oft „verwaschen“ wirkenden

Kehlfleck auf, niemals ein Halsband. Mit einem Aalstrich versehene Waldmäuse fingen wir nicht.

Insgesamt waren 14 Waldmausweibchen erkennbar trächtig. Eine Untersuchung von Plazentalnarben unterblieb, so dass hier bei der Bestimmung der potenziellen Nachkommenzahl auf Befunde anhand sichtbarer, fortgeschritten entwickelter Embryonen zurückgegriffen wurde (Tab. 12, Abb. 66 und 67). Im Mittel trugen die Weibchen $4,1 \pm 1,2$ Föten aus.

Aus Tabelle 13 sind die Mittelwerte der „klassischen“ Messparameter der adulten Waldmäuse abzulesen (Gewicht, Kopf-Rumpflänge [= Körperlänge], Schwanzlänge, Ohrlänge, Hinterfußlänge, Condylbasallänge). In einigen Fällen waren die ursprünglichen Messergebnisse zweifelhaft gewesen bzw. sogar unterblieben, konnten aber nicht mehr an den inzwischen konservierten Tieren wiederholt werden. Die Condylbasallänge wird am Schädel des getöteten Tieres ermittelt. Darum fiel hier die Anzahl „n“ geringer aus, denn einige Tiere ließen wir nach ihrem Einsatz in den akustischen Versuchen frei oder sie verstarben während der Haltung und wurden von Artgenossen im Käfig angefressen. Diese Kannibalisierung setzte interessanterweise immer zuerst am Kopf an. Ein besonderes Problem stellt die Schwanzlänge dar. Da Waldmäuse ihre Schwanzhaut, und infolgedessen später auch die knöchernen Schwanzwirbel, „abwerfen“ können, trifft man recht häufig in dieser Hinsicht verstümmelte Tiere an (→ Kap. 7). Solche Exemplare, bei denen autotomierte bzw. verletzungsbedingt verkürzte Schwänze erkennbar waren, wurden daher bei der Mittelwertbildung ignoriert. Gleiches galt für solche Mäuse, bei denen ein begründeter Verdacht auf einen unvollständigen, weil auffallend stumpfen Schwanz bestand. Aus den genannten Gründen schwanken die Anzahlen der vermessenen Individuen in Tabelle 13 je nach Messparameter und erreichen in Summe nie den Maximalwert 189.

Der intersexuelle Vergleich (Tab. 13, Abschnitte 1 und 2) förderte nach statistischer Auswertung (hoch-) signifikante Unterschiede zutage, zumindest bei den Bahnhofsmäusen. Bis auf die Ohrlänge wiesen die Männchen hier höhere Mittelwerte auf. Bei den Vergleichsmäusen lag die Sache anders: Lediglich mit Bezug auf die Hinterfußlänge waren die Männchen hochsignifikant größer.

Unterzieht man die somatischen Größenparameter der Waldmäuse einer auf beide Lebensräume ausgerichteten, intrasexuellen statistischen Analyse (Tab. 13, Abschnitt 3), stellt sich heraus, dass die Weibchen aus den Vergleichslebensräumen in allen gemessenen Parametern signifikant größer (nicht schwerer) waren als die Bahnhofswelibchen ($p < 0,05$, T-Test). Anders die Männchen: Nur hinsichtlich der Hinterfußlänge waren die Vergleichsmännchen statistisch abgesichert größer, die anderen Parameter wiesen keine Differenzen auf.

Tab. 13: Maße und Gewichte adulter Waldmäuse aus dem Raum Essen; Mittelwerte±Standardabweichung (Stichprobenumfang), Minimalwert-Maximalwert. Die Zeilengruppe 3 beinhaltet den intrasexuellen statistischen Vergleich zwischen den Habitaten.

Adulte Waldmäuse		Gewicht [g]	Kopf-Rumpf-Länge [mm]	Schwanzl. [mm]	Ohrlänge [mm]	Hinterfußl. [mm]	Condylobasallänge [mm]
1) HBF Essen	♀♀ & ♂♂	22,3±5,1 (73) 9,5-31,4	90,1±8,4 (75) 68,4-103,3	84,5±7,2 (52) 67,2-99,5	15,3±1,3 (74) 11,9-17,9	20,9±1,5 (75) 17,6-24,6	22,9±1,2 (52) 19,6-25,1
	♀♀	20,7±5,3 (33) 9,5-30,5	86,1±8,3 (33) 68,4-100	82,1±7,4 (24) 67,2-98,3	15,0±1,3 (32) 11,9-17,1	20,4±1,3 (33) 17,6-22,9	22,3±1,2 (22) 19,6-23,9
	♂♂	23,6±4,6 (40) 14,9-31,4	93,2±7,1 (42) 80,9-103,3	86,7±6,5 (28) 73,3-99,5	15,5±1,3 (42) 12,1-17,9	21,3±1,5 (42) 17,8-24,6	23,3±1,0 (30) 21,5-25,1
	Intersex. Vergleich p (T-Test)	0,013 (T = -2,551, df = 71)	0,000 (T = -3,946, df = 73)	0,020 (T = -2,394, df = 50)	0,075 (T = -1,807, df = 72)	0,005 (T = -2,879, df = 73)	0,003 (T = -3,126, df = 50)
2) Vergleichshabitate Essen	♀♀ & ♂♂	22,0±4,4 (84) 12,2-36,0	91,3±5,8 (87) 77,0-106,2	86,3±5,3 (69) 70,9-98,9	15,8±1,3 (87) 12,6-18,5	21,8±0,9 (87) 19,2-24,1	23,2±0,8 (71) 21,2-24,9
	♀♀	21,5±4,8 (34) 15,8-36,0	89,9±5,7 (36) 77,0-106,2	86,6±5,7 (31) 70,9-97,8	15,9±1,3 (36) 12,6-18,2	21,5±0,8 (36) 19,2-22,9	23,1±0,9 (30) 21,6-24,9
	♂♂	22,4±4,1 (50) 12,2-31,0	92,2±5,7 (51) 77,7-104,5	86,0±5,0 (38) 76,5-98,9	15,8±1,3 (51) 12,9-18,5	22,0±0,9 (51) 19,5-24,1	23,2±0,8 (41) 21,2-24,8
	Intersex. Vergleich p (T-Test)	0,333 (T = -0,973, df = 82)	0,064 (T = -1,880, df = 85)	0,647 (T = 0,461, df = 67)	0,650 (T = 0,456, df = 85)	0,006 (T = -2,823, df = 85)	0,450 (T = -0,759, df = 69)
3) Vergleich zwischen den Habitaten (HBF vs. Vgl-Habitate)	♀♀ p (T-Test)	0,533 (T = -0,627, df = 65)	0,033 (T = -2,190, df = 67)	0,013 (T = -2,571, df = 53)	0,003 (T = -3,082, df = 66)	0,000 (T = -4,010, df = 67)	0,022 (T = -2,407, df = 50)
	♂♂ p (T-Test)	0,181 (T = 1,347, df = 88)	0,500 (T = 0,678, df = 91)	0,636 (T = 0,476, df = 64)	0,296 (T = -1,052, df = 91)	0,011 (T = -2,611, df = 91)	0,762 (T = 0,304, df = 69)

6.4 Diskussion

Wie SCHRÖPFER (1984b) feststellt, ist die Waldmaus hinsichtlich ihrer Fellfärbung eines der variabelsten Nagetiere, und er führt dies auf Umweltfaktoren und in ihrer Folge auf „regionale Populationsisolierung“ zurück. Unsere Waldmäuse, gleichgültig ob vom HBF oder aus Parkanlagen Essens, wiesen keine auffälligen farblichen Aberrationen auf. Sie entsprachen damit dem allgemeinen Typus adulter Individuen mit graubrauner Oberseite und heller, indes nicht – wie bei *A. flavicollis* – weißer, Unterseite (NIETHAMMER 1978, SCHRÖPFER 1984b). Die von mir auf, relativ weit entwickelte, Embryonen (Abb. 66, 67) begutachteten Weibchen, trugen durchschnittlich 4,1 Junge im Uterus. Dieser Wert liegt knapp unterhalb der von CLARKE (1985) für *A. sylvaticus* angegebenen Spanne: 4,2-6,9 Embryos je Weibchen. Es mochte dies die Folge der kleinen Stichprobe unserer Teilstudie sein, in der sich eine „Ausreißermaus“ mit nur einem Embryo befand. Ohne sie würde der Mittelwert mit 4,3 etwas höher ausfallen.

Vergleicht man die Werte aus Tabelle 13 mit jenen aus den Werken von NIETHAMMER (1978) und SCHRÖPFER (1984b), die, mit Ausnahme der Condylbasallänge, in Tabelle 14 zusammengefasst worden sind, ergibt sich daraus, dass die Extremwerte der Essener Mäuse durchaus in die Spannen passen, die für Waldmäuse aus Nordrhein-Westfalen gültig sind (beachte Tab. 14, Abschnitt 8). Dies nimmt nicht wunder, denn wie man sieht, sind diese Spannen jeweils sehr groß und können, ohne sexuelle Differenzierung, z.B. beim Gewicht mehr als 300% (9-40 g) und bei der Hinterfußlänge immerhin noch knapp 50% (17-25 mm) betragen.

Interessanterweise lässt die statistische Bearbeitung der Werte, die NIETHAMMER (1978) für Mäuse aus der Nähe von Bonn (Rheinland) angibt, eine ähnliche Aussage zu, wie sie auf die HBF-Mäuse zutrifft: Die Männchen von *A. sylvaticus* sind, wenn man von der Schwanzlänge absieht, signifikant größer und schwerer als die Weibchen (Tab. 14, Abschnitt 7). NIETHAMMER weist auf diese allerdings nur geringen Unterschiede hin, Weibchen erreichten etwa 98,5% der männlichen Körpergröße. Bei unseren

Bahnhofsmäusen lagen die geschlechtsbezogenen Werte, größtenteils statistisch signifikant, etwas weiter auseinander (auf die Körperlänge bezogen: 92,4%, Hinterfußlänge: 95,8%, Tab. 13, Abschnitt 1). Ein größenbezogener Geschlechtsdimorphismus besteht mithin, für den menschlichen Beobachter im Freiland bleibt er aber praktisch verborgen und dürfte daher irrelevant sein.

Problematisch ist, dass das Gewicht der Tiere jahreszeitlich, in Abhängigkeit von den Nahrungsressourcen und also dem Ernährungszustand, beträchtlichen Schwankungen unterworfen ist. Dies trifft in auffälliger Weise auf die Weibchen zu (Tab. 14, Abschnitt 8), was auf trüchtige Tiere in den Fangserien zurückzuführen sein könnte. Die Körperlänge ist ebenfalls nicht immer einwandfrei nachmessbar, da durch das Strecken der Tiere Messfehler auftreten können, zumal dann, wenn das zu messende Tier bereits leichenstarr ist. Als verlässlichstes Merkmal für die Beurteilung der Körpergröße im Rahmen vergleichender Populationsstudien wird die Hinterfußlänge aufgefasst (BURDA, pers. Mitt.). Diese Aussage wird durch die Inhalte der Tabellen 20 und 21 gestützt, denn die Standardabweichungen waren bei der Längenmessung der Hinterfüße (wie der Ohrmuscheln) der Essener Waldmäuse regelmäßig am geringsten. Für alle drei in einen T-Test einbezogenen Populationen, (1) HBF Essen, (2) Vergleichshabitate Essen (Tab. 13) und (3) Rheinland



Abb. 66 (oben): Entnommener Uterus mit fünf Embryonen im mittleren Entwicklungsstadium; Muttertier gefangen am 12. April (Messbalken: 10 mm).

Abb. 67 (unten): Waldmausembryo wenige Tage vor der Geburt; selbes Fangdatum wie oben (10 mm).

(Tab. 14), galt: Die adulten Männchen lebten, statistisch jeweils hochsignifikant abgesichert, auf größerem Fuß. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass die weiblichen Tiere vom Bahnhof, anders als die Männchen, nicht nur hinsichtlich der Hinterfußlänge kleiner waren als ihre Artgenossen der Vergleichsgebiete (Tab. 13, Abschnitt 3.). Dagegen blieben die Gewichtswerte statistisch besehen gleich.

Männliche Mäuse gehen häufiger in die Fallen als Weibchen, eine Aussage, die nicht nur auf die Tiere Essens zutrifft, wo sich das Verhältnis der gefangenen adulten Geschlechter mit 1,3:1 (♂♂:♀♀) beschreiben lässt. Auch in den SCHRÖPFER (1984b) und NIETHAMMER (1978) vorliegenden Daten, von mir in Tabelle 14 reproduziert, fiel die größere Stichprobe meistens den männlichen Waldmäusen zu. Unter anderen machten PELIKÁN et al. (1970), GURNELL (1978) und HALLE (1993) die gleiche Erfahrung. Allerdings gibt es auch widersprüchliche Befunde, etwa von GREEN (1979) oder, auf Island, von BENGTON et al. (1989), die einen Weibchenüberhang feststellten. Aus den Ergebnissen von Fangserien ist indes nicht zu schließen, ein Geschlecht, zumeist die Männchen, könnte innerhalb der Population tatsächlich zahlenmäßig überwiegen. Vielmehr ist an Selektivität beim Fallenfang zu denken (TANTON 1965). Sie lässt sich zwanglos mit der höheren Aktivität der männlichen Waldmäuse erklären, die größere Streifgebiete (Home-Ranges) aufweisen (NIETHAMMER 1978, NOWAK 1991, GORMAN & ZUBAID 1993, BENHAMOU 2001).

Tab. 14: Maße und Gewichte von *Apodemus sylvaticus* aus verschiedenen Lebensräumen Nordrhein-Westfalens; Mittelwerte±Standardabweichung (Stichprobenumfang), Minimalwert-Maximalwert.

Adulte Waldmäuse		Gewicht [g]	Kopf-Rumpflänge [mm]	Schwanzl. [mm]	Ohrlänge [mm]	Hinterfußl. [mm]
1) Sauerland (bei Olpe, Gillerberg) (SCHRÖPFER 1984b)	♀♀ & ♂♂	22,3 (63) 21-40	88,3 (63) 84-110	80,8 (63) 69-105	keine Angabe	21,1 (63) 18-25
	♀♀ & ♂♂	20,5±4,4 (106) 10,1-34,0	88,3±7,1 (136) 66-105	85,4±7,6 (131) 48-102	15,4±1,3 (131) 11-18	21,3±1,2 (134) 17-24
3) Nordlippisches Bergland (SCHRÖPFER 1984b)	♀♀	25,2±5,1 (98) 15-35	92,1±7,2 (98) 75-109	83,0±8,2 (98) 66-108	16,4±0,9 (98) 14-18	21,8±0,9 (98) 20-24
	♂♂	24,4±4,6 (88) 13-31	92,2±7,4 (88) 72-103	80,9±6,4 (88) 67-99	16,3±1,0 (88) 15-18	21,7±1,1 (88) 20-24
4) Beverner Sandebene (SCHRÖPFER 1984b)	♀♀	18,5 (64) 9-30,5	88,9 (66) 71-102	80,6 (63) 63-95	15,8 (67) 14-18	21,7 (67) 20-24
	♂♂	21,0 (87) 9,5-30,5	91,5 (88) 65-107	84,3 (84) 62-102	16,0 (88) 12-18	22,7 (88) 20-25
5) Emsanddünen bei Harsewinkel (SCHRÖPFER 1984b)	♀♀	19,7±4,0 (26) keine Angabe	82,3±6,5 (26) 69-94	78,4±6,6 (26) 67-92	15,9±0,9 (26) 13-17	21,3±1,3 (26) 19-24
	♂♂	19,2±4,2 (62) 12-30	82,2±6,7 (62) 69-97	78,2±7,2 (59) 64-94	15,8±0,8 (62) 14-17	21,7±1,0 (62) 0-23

Tab. 14 (Fortsetzung)

Adulte Waldmäuse		Gewicht [g]	Kopf-Rumpf-Länge [mm]	Schwanzl. [mm]	Ohrlänge [mm]	Hinterfußl. [mm]
6) Rietberger Flachmulde und östliches Münsterland (SCHRÖPFER 1984b)	♀♀	19,3 (44) 12-30	86,4 (47) 77-105	79,0 (45) 65-94	13,6 (47) 12-16	20,8 (47) 17-23
	♂♂	20,3 (72) 13-29	91,0 (72) 78-105	80,4 (71) 63-96	13,8 (72) 11-19	21,6 (72) 18-24
7) Rheinland (Originalwerte aus NIETHAMMER 1978; Signifikanztest von mir ergänzt)	♀♀ & ♂♂	20,8±3,9 (30) 11,5-30,0	88,6±6,0 (30) 68-97	84,2±5,7 (30) 74-98	keine Angabe	21,7±0,8 (30) 20-24
	♀♀	18,9±3,8 (12) 11,5-26,0	85,6±7,1 (12) 68-97	82,8±6,1 (12) 74-91	keine Angabe	21,1±0,7 (12) 20-22
	♂♂	22,0±3,5 (18) 16,5-30,0	90,7±4,1 (18) 79-97	85,1±5,4 (18) 76-98	keine Angabe	22,1±0,7 (18) 21-24
	Intersex. Vergleich p (T-Test)	0,029 (T = -2,305, df = 28)	0,019 (T = -2,480, df = 28)	0,276 (T = -1,111, df = 28)	keine Angabe	0,003 (T = -3,279, df = 28)
8) Extremwerte aus den Studien 1-7 (Westfalen & Rheinl.)	♀♀ & ♂♂ (Abschn. 1-7)	9-40	66-110	48-102	11-19	17-25
	♀♀ (Abschn. 3-7)	9-35	68-109	63-108	12-18	17-24
	♂♂ (Abschn. 3-7)	9,5-31	65-107	62-102	11-19	18-25

7 Betrachtungen zur Schwanzautotomie der Waldmaus

7.1 Einleitung

Die Waldmaus ist, wie andere Vertreter der Rodentia, zur Ablösung ihrer Schwanzhaut in der Lage (MOHR 1941, LAYNE 1972, SHARGAL et al. 1999), auch als unechte Autotomie bezeichnet („false autotomy“, MCKEE & ADLER 2002), da, im Gegensatz zur eigentlichen Autotomie, die Knochenwirbel nicht unmittelbar mitabgeworfen werden. Im weiteren Verlauf meiner Ausführungen unterbleibt diese Unterscheidung.

Die genannte Fähigkeit könnte eine Maßnahme gegen terrestrische Prädatoren sein (LAYNE 1972, MICHENER 1976, JUSKAITIS 2006), die bei der Verfolgung eines mausartigen Tieres nach dem nächsten Körperteil greifen – eben nach dem Schwanz. So erschwert diese Einrichtung auch das Händeln gefangener Exemplare von *A. sylvaticus*, etwa im Rahmen ethologischer Experimente, denn bei ihnen reißt die Schwanzhaut viel leichter ab als bei *Mus*. Eine Waldmaus so wie eine Labormaus am Schwanz hochzuheben, verbietet sich also. Es ist davon auszugehen, dass bei heftigen agonistischen Konflikten zwischen Waldmäusen oder ähnlichen Kleinsäugetern auch Bisse in den Schwanz vorkommen (STORCH 1978, SHARGAL et al. 1999). Unter der später wiederkehrenden Frage, ob Stresseinflüsse am HBF

stärker wirken als in den Vergleichshabitaten, ist also unter anderem auf den Schwanz zu schauen. Negativer Stress (Disstress) wird z.B. durch Umweltfaktoren wie Lärm, Konkurrenz oder Nahrungsknappheit verursacht (vgl. BICK et al. 1984, LAY 2000, MOBERG & MENCH 2000). Er kann als Auslöser innerartlicher Auseinandersetzungen wirken, wodurch er sich dann selbst verstärkt: Artgenossen werden selbst zu Stressoren.

Haben also die Bahnhofsmäuse häufiger verstümmelte Schwänze und gibt es Unterschiede zwischen den Geschlechtern, etwa als Folge von Rivalenkämpfen?

7.2 Material und Methoden

Alle gefangenen adulten Mäuse (Fangmethoden und Fangzeiten: Kap. 6) wurden im Zuge der routinemäßigen Vermessung auf möglicherweise verkürzte Schwänze überprüft, unvollständige bzw. offensichtlich stumpf endende Schwänze notiert (schon um sie bei der Längenmessung und Mittelwertberechnung auszusondern). Die Verteilungen habe ich dann mit dem χ^2 -Test (Kreuztabellen, zweiseitig) überprüft.

7.3 Ergebnisse

Insgesamt 162 Waldmäuse gingen in diesen Teil der Studie ein, darunter 39 Tiere mit unvollständigen Schwänzen (24%). Von 75 Tieren des HBFs waren 22 (29%) betroffen, bei 87 Waldmäusen aus Vergleichshabitaten lag der entsprechende Wert nur bei 17 (20%). Allerdings war dieser Verteilungsunterschied statistisch nicht signifikant (zweiseitiger χ^2 -Test, Kreuztabelle, $p = 0,197$, $\chi^2 = 2,113$, $df = 1$). Zu gleichwertigen Aussagen gelangte ich nach Analysen auf inter- wie intrasexueller Ebene (Tab. 15).

Der Vergleich der mittleren Längen (mm) aller verkürzten Schwänze ergab bei einer Gesamtstichprobe von $n = 35$ Tieren (bei vier Individuen war das Maß des gekürzten Schwanzes nicht ermittelt worden und später auch nicht rekonstruierbar) folgende Resultate: Bahnhofsmäuse: $62,5 \pm 17,8$ mm ($n = 18$), Vergleichsmäuse: $62,9 \pm 13,1$ mm (17); der Unterschied war statistisch nicht signifikant ($p = 0,935$, $T = -0,082$, $df: 33$). Die Weibchen wiesen mit $61,3 \pm 12,1$ mm (12) einen etwas geringeren Wert auf als die Männchen mit $63,4 \pm 17,1$ (23), die Differenz war wiederum insignifikant ($p = 0,720$, $T = -0,361$, $df: 33$). Auf weitere Vergleiche verzichtete ich des geringen Stichprobenumfangs wegen.

Das mittlere prozentuale Verhältnis von unversehrtem Schwanz zur Körperlänge betrug ohne Geschlechtsdifferenzierung ca. 94% (berechnet aus Werten der Tab. 13). Bezüglich der Tiere mit Schwanzeinbußen belief sich dieser Anteil auf nur mehr 67%, bei einer Schwankung zwischen 26% („Stummel“) und 90% (praktisch vollständiger Schwanz).

Tab. 15: Statistische Vergleiche zur Häufigkeit von Schwanzverstümmelungen bei Waldmäusen verschiedener Geschlechter und Lebensräume (HBF-M: Mäuse vom Hauptbahnhof, Vgl-M: Mäuse aus Vergleichslebensräumen, S: Schwanz).

	HBF-M (alle)	Vgl-M (alle)	HBF ♀♀	HBF ♂♂	Vgl ♀♀	Vgl ♂♂
n/davon S verkürzt	75/22	87/17	33/8	42/14	36/5	51/12
in %	29	20	24	33	14	24
p (χ^2 -Test)	0,197 (χ^2 : 2,113, df: 1)		0,451 (χ^2 : 0,451, df: 1)		0,290 (χ^2 : 1,248, df: 1)	
	♀♀ (alle)	♂♂ (alle)	HBF ♀♀	Vgl ♀♀	HBF ♂♂	Vgl ♂♂
n/davon S. verkürzt	69/13	93/26	33/8	36/5	42/14	51/12
in %	19	28	24	14	33	24
p (χ^2 -Test)	0,198 (χ^2 : 1,801, df: 1)		0,360 (χ^2 : 1,207, df: 1)		0,356 (χ^2 : 1,099, df: 1)	

7.4 Diskussion

Die vorliegende Teilstudie liefert weder abgesicherte Hinweise auf geschlechtsspezifische, noch auf habitattypische Unterschiede in der Häufigkeit von Schwanzautotomien bei Waldmäusen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass nicht ablesbare, jedoch datenimmanente Umwelteinflüsse die Ergebnisse in ihrer Aussagekraft abschwächen. Vielleicht rühren die Autotomiequoten am HBF von intraspezifischen Konflikten her, während außerhalb die Beutegreifer einen höheren Anteil fordern? Dies bleibt selbstredend vorerst Spekulation. Wir wissen lediglich, oder glauben zu wissen, dass am Hauptbahnhof nur selten Prädatoren auftreten, während die Situation in Parks und Gärten ganz anders einzuschätzen ist (BAKER et al. 2005). Unsere

„Kurzschwanzmäuse“ waren übrigens kein Artefakt des Fallenfangs, denn erstens ließ keiner der betreffenden Schwänze eine frische Wunde erkennen und zweitens bestätigten wir während unserer Direktbeobachtungen (systematisch und anekdotisch) einige Male Waldmäuse mit offensichtlicher Schwanzverstümmelung (Abb. 68). Die Dunkelziffer dürfte höher sein, denn an vorbeihuschenden Mäusen ist das beschriebene Phänomen kaum feststellbar. In freilebenden Populationen von *A. sylvaticus* können

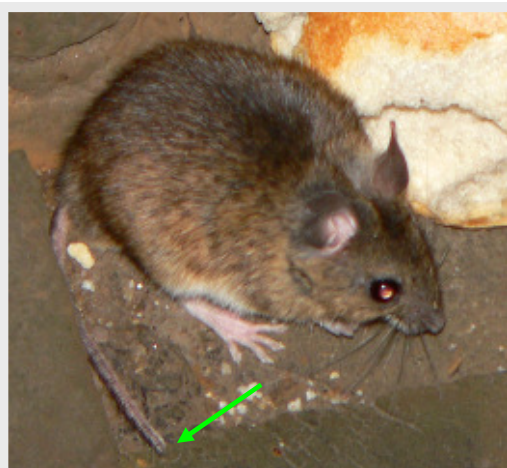


Abb. 68: Waldmaus der Gleise des Essener Hauptbahnhofs mit fehlender Schwanzspitze. Beachte das stumpfe Ende (Pfeil).

Individuen mit verkürzten Schwänzen einen Anteil von mehr als 50% ausmachen (MICHENER 1976). Bei zwei Stachelmausarten (*Acomys* spp., hier ist caudale Autotomie offenbar besonders leicht auszulösen) fanden SHARGAL et al. (1999) im Freiland 63% (diurnale Art) bzw. 12% (nocturne Art) der Männchen mit verstümmelten Schwänzen vor. Die entsprechenden Weibchen waren in 44% bzw. 25% der Fälle betroffen. Obgleich die interspezifischen Unterschiede bei *Acomys* spp. statistisch signifikant waren, traf dies auf die

geschlechtsgebundenen Häufigkeiten innerhalb der Arten nicht zu. Die Männchen wiesen also, so wie unsere Waldmäuse, weder häufiger noch seltener verstümmelte Schwänze auf als die Weibchen. Zum gleichen Schluss gelangten auch MCKEE & ADLER (2002) in Studien an der zentralamerikanischen Stachelratte *Proechimys semispinosus*. Verglichen die Autoren dagegen Populationen aus unterschiedlichen Gebieten miteinander, dann waren sehr wohl signifikante Unterschiede bezüglich der Inzidenz von Schwanzautotomien festzustellen.

Des offenbar geringen Feinddrucks am Hauptbahnhof wegen, hätte ich dort eine niedrigere Quote verkürzter Schwänze bei *A. sylvaticus* erwartet. Die Deutung der Eigenverstümmelung als Anti-Prädatoren-Einrichtung ist allerdings nicht unproblematisch. Wie SHARGAL et al. (1999) an Stachelmäusen feststellten, wirkt sich ein Schwanzverlust offenbar nicht nachteilig aus, auch nicht in Hinblick auf die Lokomotion. Wenn dem so ist, so lässt sich aus den Ausführungen der Autoren sinnreich schließen, wieso sollte ein Kleinnager dann überhaupt einen – kaum regenerationsfähigen! – Schwanz haben, wenn dieser doch offensichtlich funktionell wertlos ist, aber Prädatoren eine Zugriffsmöglichkeit bietet? Nur, um ihn dann im Falle des tatsächlichen Übergriffs abzuwerfen? Und so warnen auch MCKEE & ADLER (2002) davor, Schwanzverluste bei Nagern als Hinweis auf einen adaptiven Mechanismus zur Prädationsvermeidung zu deuten. Dieses Problem kann hier nicht geklärt werden, nur soviel: Es tritt das oben geschilderte „Paradoxon“ ausschließlich dann auf, wenn beim ersten Zugriff eines verfolgenden terrestrischen Beutegreifers sofort der ganze Schwanz betroffen wäre. Das aber dürfte selten der Fall sein. Sukzessive caudale Autotomien sind denkbar, die dann wiederholt zur Erhöhung von Fluchtchancen beitragen. In unseren Untersuchungen fanden wir mehr oder weniger deutlich verkürzte Schwänze bei den Waldmäusen vor. Der Mittelwert unversehrter Schwänze lag gemäß Tabelle 13 etwa bei 85 mm (je nach betrachteter Gruppe) also gut 90% der Kopf-Rumpf-Länge (KL). Bei den schwanzversehrten Individuen betrug die durchschnittliche Länge des „Schwanzrestes“ immerhin noch ca. 63 mm (67% der KL). Es ist nicht einzusehen, dass ein „Schwanzrest“ von mehr als, sagen wir, 50% der ursprünglichen Länge nicht doch noch eine gewisse Schutzfunktion übernehmen könnte – wenn man voraussetzt, dass sich ein Prädatoren von einer abgerissenen Schwanzhaut tatsächlich beeindrucken lässt. Denn es ist diese „Verwirrung“ des Angreifers, seine „Schrecksekunde“, die der Maus den möglicherweise entscheidenden Vorteil verschafft. In dieser Hinsicht ist die Autotomie bei Mäusen vermutlich jedoch weniger wirkungsvoll als z.B. bei Reptilien, deren nachzuckender Schwanzrest einen Beutegreifer zusätzlich ablenkt (CLAUDE & CAPALDI 2006).

Jedenfalls aber ist die Autotomiefähigkeit bei vielen Kleinnagern gegeben. MOHR (1941) zählt mehr als 20 Arten auf, darunter praktisch alle mitteleuropäischen Muridae und Gliridae. Neben Feinden kommen auch Artgenossen als Verursacher in Betracht. Daher könnten agonistische Auseinandersetzungen für das in Rede stehende Phänomen verantwortlich sein (STORCH 1978, SHARGAL et al. 1999). Es wäre dann aber ein verstärktes Vorkommen von „Stummelschwänzen“ bei den männlichen Tieren zu erwarten gewesen,

denn die Männchen von *A. sylvaticus* verhalten sich gleichgeschlechtlichen Artgenossen gegenüber aggressiver als die Weibchen (ZGRABCZYNSKA & PILACINSKA 2002), nicht zuletzt, weil sie Dominanzbereiche unterhalten ("territories": BROWN 1969, „home ranges“: WOLTON & FLOWERDEW 1985) und polygyn sind (die Waldmaus ist, zumindest in Teilen des Verbreitungsgebietes, nach jüngeren Erkenntnissen promiskuitiv, vgl. BAKER et al. 1999). Allerdings berichten MONTGOMERY & GURNELL (1985), auch unter Berufung auf andere Autoren, im Zusammenhang mit aggressionsbedingten Verletzungen bei *A. sylvaticus* nicht von Schwanzautotomien, sondern „nur“ von Bisswunden am Körper. Diesen Indikator auch bei unseren Mäusen eingehender zu suchen, habe ich leider versäumt. Es bleibt als Fazit der immerhin bemerkenswerte Umstand, dass in beiden „Populationen“ (HBF, Non-HBF) die Schwanzverluste statistisch gesehen gleich verteilt waren.

Im Übrigen mag die falsche der echten Autotomie überlegen sein, zumindest im hier besprochenen Kontext. Denn bei letzterer findet die Selbstamputation an einer definierten „Sollbruchstelle“ zwischen zwei Schwanzwirbeln statt, bei Stachelratten (*Proechimys semispinosus*) z.B. zwischen dem fünften und sechsten (MCKEE & ADLER 2002). Diese werfen also, im Gegensatz zu Muriden, gegebenenfalls sofort einen großen Teil des Schwanzes ab.

Wie dem auch sei, *Apodemus* ist, anders als z.B. *Acomys*, eine fakultativ arboreale Gattung, und beim Klettern in schmalen Geäst kann ein Schwanz durchaus wertvolle Hilfe leisten, sozusagen als „Balancierstange“. Caudale Autotomie sollte mithin die Fitness der Waldmaus einschränken – wenigstens in Lebensräumen, in denen, ganz anders als am Bahnhof, das Klettern in schmalen Geäst für die Erschließung lebensnotwendiger Ressourcen erforderlich ist. Untersuchungen hierzu stehen noch aus.

8 Krallenlängen

8.1 Einleitung

Da die Waldmäuse am HBF Essen auf sehr hartem Substrat laufen (Basaltschotter, Betonschwellen, stählerne Schienen und Installationen), stellte sich die Frage, ob sich diese für *A. sylvaticus* unübliche Bedingung unmittelbar auf die Tiere auswirkt. Es lag daher nahe, die Pfotenkrallen zu untersuchen, um im Vergleich zu Waldmäusen aus gewöhnlichen Lebensräumen mit „weichen Böden“, eventuelle Abnutzungsunterschiede feststellen zu können. Die Hypothese musste also lauten: Die bahngleisbesiedelnden Waldmäuse besitzen kürzere Krallen als ihre Artgenossen der Parks und Gärten.

8.2 Material und Methoden

Zur Messung der Krallenlängen wurden die Pfoten konservierter Mäuse abgetrennt, auf einer Unterlage (Styropor) mit Insektennadeln fixiert und mittels eines mit einem Messokular ausgestatteten Auflichtmikroskops betrachtet (Wild Heerbrugg Makroskop M 420; bei der eingestellten Vergrößerung entsprach ein Teilstrich der Mess-Skala 0,4 mm). Die Messung der Krallenlänge erfolgte von der Spitze bis zum Krallenansatz (häutiger Übergang am Finger/Zeh). Für jede Maus wurden die Krallen einer Vorder- (Manus) und einer Hinterpfote (Pes) vermessen, die Wahl der Körperseite erfolgte in Abhängigkeit vom Präparationszustand. Eine Präparationsschere diente dazu, die Sicht störende Härchen vorsichtig zu entfernen.

Die Werte der einzelnen Fingerkrallen (vier) bzw. Zehenkrallen (fünf) wurden addiert und dann gemittelt. Insgesamt fanden 13 Bahnhofs- und 13 Vergleichsmäuse Berücksichtigung (jeweils 7 ♂♂, 6 ♀♀). Die gemittelte Länge beider Hinterfüße derselben Tiere diente als Vergleichswert, um gegebenenfalls einen Einfluss der Körpergröße bzw. des Alters auf die Krallenlänge einzubeziehen. Für die statistische Analyse fanden der T-Test für unabhängige Stichproben und die Korrelation nach Pearson Anwendung.

8.3 Ergebnisse

Die Abbildungen 69 und 70 zeigen ein eindeutiges Resultat der angestellten Untersuchung. Sowohl die Krallen an den Vorder-, als auch an den Hinterpfoten waren bei den HBF-Mäusen hochsignifikant kürzer als bei den Vergleichstieren. Bei der Hinterfußlänge bestand hingegen keine Differenz zwischen den beiden aus den gleichen Teilgruppen zusammengesetzten Stichproben (HBF-Mäuse: $20,45 \pm 1,36$ mm, Vgl-Mäuse: $21,16 \pm 1,17$ mm, $p = 0,164$, $T = 1,437$, $df = 24$). Die Korrelierung der Finger- (FK) und dann der Zehenkrallenlänge (ZK) mit der Hinterfußlänge (HF) ergab ebenfalls keinen statistisch signifikanten Zusammenhang (für HBF-Mäuse: FK-HF: $r = 0,362$, $p = 0,233$; ZK-HF: $r = 0,033$, $p = 0,932$; für Vergleichsmäuse: FK-HF: $r = 0,091$, $p = 0,771$, ZK-HF: $r = 0,103$, $p = 0,760$; Pearson-Korr.). Die Krallenenden der Vergleichsmäuse liefen spitz zu, jene der HBF-Mäuse waren dagegen stumpf (wie abgeschnitten) bzw. leicht ausgefranst.

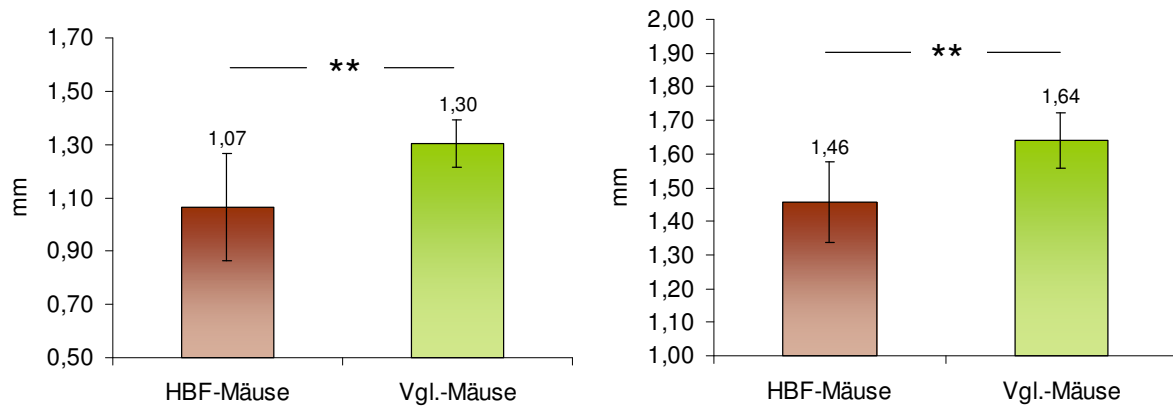


Abb. 69 (links) und 70 (rechts): Vergleich der Krallenlängen bei Waldmäusen vom Hauptbahnhof (n = 13) und aus Vergleichslebensräumen (n = 13); Vorderpfoten links, Hinterpfoten rechts. Die Unterschiede sind hochsignifikant (Fingerkrallen: $p = 0,001$, $T = 3,903$, $df = 24$; Zehenkrallen: $p < 0,001$, $T = 4,584$, $df = 24$; T-Test).

8.4 Diskussion

Das Resultat dieser kleinen Teilstudie legt den Schluss nahe, dass sich die Mäuse des Hauptbahnhofs regelmäßig an diesem Ort aufhalten und ihn nicht nur vorübergehend „besuchen“. Die Verkürzung und Deformierung ihrer Krallen ist plausibel auf die (wiederholte) Benutzung der harten Trassen zurückzuführen. Vergleichbare Studien an Mäusen oder ähnlichen Nagetieren fehlen zwar, zweifellos jedoch wirkt sich die Härte des Untergrunds auf die Gestalt und Abnutzung der Krallen oder Hufe von Säugetieren aus (VON BRAUNSCHWEIG 1962). Ein Zusammenhang zwischen der Krallenlänge und dem somatischen Korrelat „Hinterfußlänge“ bestand nicht.

9 Analysen zu Ernährungszustand und Alter urbaner Waldmäuse aus Essen

9.1 Einleitung

Das absolute Gewicht ist nur eingeschränkt verwendbar, um Aussagen über die Ernährungssituation in tierischen (und menschlichen) Populationen zu treffen, denn natürlich gibt es eine Beziehung zwischen Größe und Gewicht. Um anhand gut handhabbarer Formeln die Schlankheit oder Fettleibigkeit eines Menschen zu bestimmen, gibt es verschiedene Ansätze, deren bekannteste der nicht unumstrittene Body-Mass-Index (BMI) ist (vgl. z.B. SABUNCU et al. 1999; $BMI = \text{Quotient aus Gewicht und quadrierter Körpergröße, kg/m}^2$).

Weil nun das Gewicht Rückschlüsse auf die vorliegenden Nahrungsressourcen erlaubt, bestand für die Gleismaus-AG ein Interesse daran, zu klären, wo die Tiere in besserem Ernährungszustand waren: am Bahnhof oder in den Parks und Gärten? In früheren Kapiteln

war schon mehrfach auf ein zu vermutendes gutes Nahrungsangebot am Bahnhof verwiesen worden, hauptsächlich auf Grundlage vorzufindender menschlicher Lebensmittelreste.

Apodemus sylvaticus wächst ein Leben lang, wie es auf viele Nagetiere zutrifft („indeterminate growers“) und wie es bisweilen bei medizinischen Studien für Probleme sorgt (vgl. THORPE et al. 1982, HERBST et al. 1998). Im Gegensatz zum Menschen sind adulte Waldmäuse also bezüglich der Körpergröße nie „ausgewachsen“, und deshalb ist bei einem Körperlängenvergleich mehrerer Individuen das Lebensalter ein im Hintergrund wirkender Faktor. Im Prinzip ist also per Augenschein nicht zu entscheiden, ob eine Maus *tatsächlich* größer ist als eine andere – vielleicht ist die größere nur deutlich älter? Allerdings gibt es ein äußeres Merkmal, das als brauchbarer Hinweis auf „Ausgewachsenheit“ gelten darf und in dieser Arbeit bereits Berücksichtigung fand: die Hinterfußlänge. Da mich auch interessierte, wo die Tiere älter werden, Bahnhof oder Park, suchte ich nach einer einfachen Möglichkeit, anhand der vorliegenden, gewöhnlichen morphometrischen Daten eine näherungsweise Aussage zu eventuellen Altersunterschieden treffen zu können.

9.2 Material und Methoden

Für die Berechnungen zur Abschätzung von Ernährungszustand und Altersverteilung standen insgesamt die Daten von 165 adulten Waldmäusen aus Essen zur Verfügung. Einmal mehr sei betont, dass allerdings nicht jeder metrischer Körperparameter jeweils für die gesamte Stichprobe vorlag, dies galt insbesondere für Schwanz- und Schädellänge.

Um den Ernährungszustand näherungsweise bestimmen zu können, wählte ich zwei simple Indizes, nämlich die Quotienten aus (1) Gewicht und Körperlänge sowie (2) Gewicht und Condylbasallänge (CBL). Die statistische Absicherung erfolgte mit einem Mittelwertevergleich (T-Test).

Wenn das Wachstum des Hinterfußes (HF) endet, nicht jedoch die Ausdehnung des Körpers bzw. des Schädels oder des Schwanzes, dann muss bei älteren Mäusen das Verhältnis von – beispielsweise – der Körperlänge und HF-Länge immer weiter werden. Ob sich die HF-Länge tatsächlich anders als andere Körperparameter verhält, wurde von mir mittels entsprechender Korrelierungen überprüft. So sollte zwischen HF-Länge und Körperlänge (gemeint ist hier stets die Kopf-Rumpf-Länge) bzw. CBL keine oder nur eine verhältnismäßig geringe (positive) Korrelation bestehen. Trifft dies zu, kann der Quotient aus Körperlänge und HF-Länge als Altersindikator genutzt werden. Je höher dieser ist, je weiter also die Werte auseinander liegen, desto älter sollte, soweit die Hypothese, die Waldmaus sein.

Den statistisch begründeten Vergleich der betrachteten Gruppen (nach Habitaten und Geschlechtern differenziert) unternahm ich wiederum mit Mittelwertvergleichen (T-Tests).

9.3 Ergebnisse

Körperlänge und -gewicht wiesen erwartungsgemäß eine überaus deutliche Korrelation auf (Abb. 71). Tabelle 16 gibt Auskunft über die intrasexuellen Vergleiche des Verhältnisses von Gewicht zu Körperlänge (g/mm) über die Habitatgrenzen hinweg. Die Mittelwerte entstammten derselben Grundgesamtheit, unterschieden sich also keineswegs ($p > 0,15$, T-Test). Der angewandte „vereinfachte BMI“ der Waldmaus deutet folgerichtig für keine der getesteten Teilgruppen einen überdurchschnittlichen Ernährungszustand an.

Tab. 16: Intrasexuelle Vergleiche der relativen Gewichte (Gewicht je mm Körperlänge oder Condylbasallänge: CBL) von Waldmäusen aus zwei urbanen Lebensräumen.

	Gewicht/Körperlänge [g/mm]			Gewicht/CBL [g/mm]		
	Mittelwert	n	p (T-Test)	Mittelwert	n	p (T-Test)
HBf-♀♀	0,237±0,047	33	0,967 (T = 0,042, df = 65)	0,846±0,187	22	0,242 (T = -1,184, df = 50)
Vgl-♀♀	0,237±0,041	34		0,902±0,156	30	
HBf-♂♂	0,251±0,035	40	0,155 (T = 1,434, df = 88)	0,990±0,166	28	0,703 (T = 0,384, df = 66)
Vgl-♂♂	0,241±0,034	50		0,974±0,173	40	

Korreliert man die Hinterfußlänge mit der Körperlänge, ist daraus ein Zusammenhang durchaus abzulesen ($r = 0,426$, Abb. 71), allerdings sind die Korrelationen der Körperlänge mit den Parametern Gewicht, Condylbasallänge und Schwanzlänge wesentlich stärker (jeweils $r > 0,65$, Abb. 72, 73, 74). Dies bestätigt die Annahme, dass das Wachstum des Fußes endlich ist oder sich stark verzögert, während sich das Körperwachstum fortsetzt.

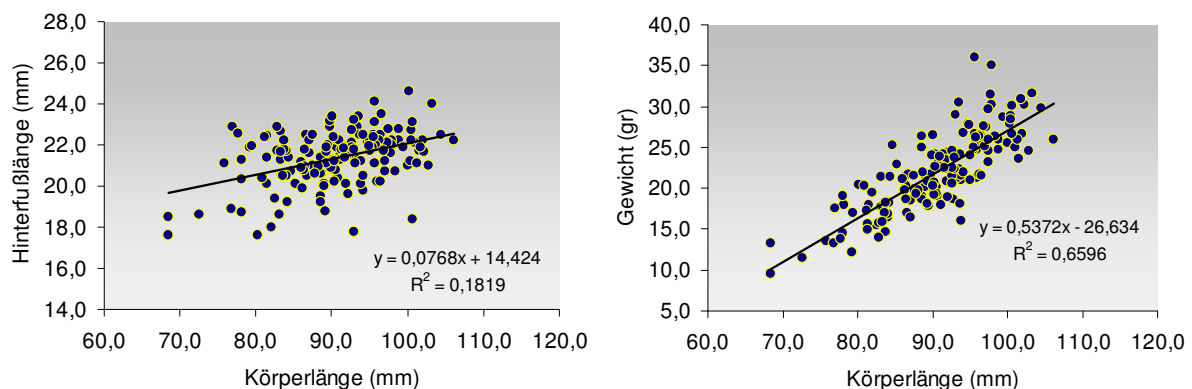


Abb. 71 (links): Lineare Regression und Pearson-Korrelation von Hinterfußlänge und Körperlänge ($r = 0,426$, $p < 0,001$, $n = 162$).

Abb. 72 (rechts): Lineare Regression und Pearson-Korrelation von Gewicht und Körperlänge ($r = 0,812$, $p < 0,001$, $n = 157$).

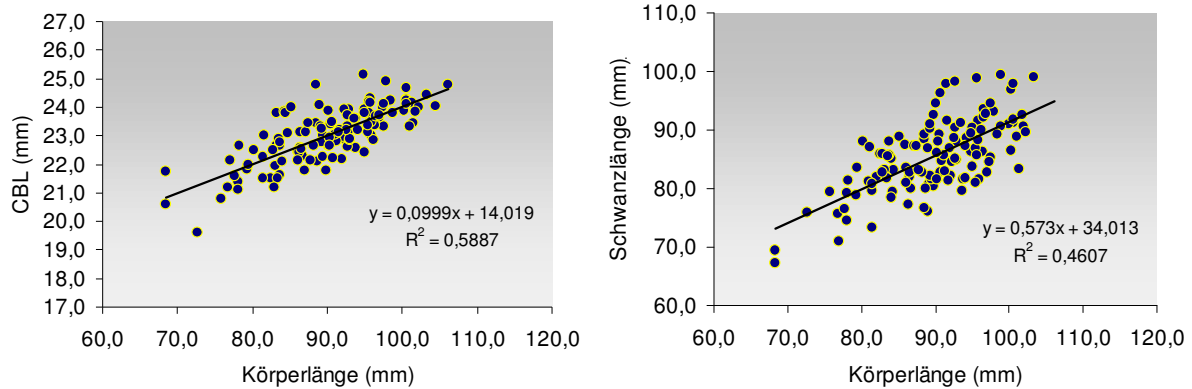


Abb. 73 (links): Lineare Regression und Pearson-Korrelation von Condylbasallänge und Körperlänge ($r = 0,767$, $p < 0,001$, $n = 122$).

Abb. 74 (rechts): Lineare Regression und Pearson-Korrelation von Schwanzlänge und Körperlänge ($r = 0,679$, $p < 0,001$, $n = 121$).

Die Abbildungen 75 und 76 bilden das Verhältnis von Körperlänge (KL) zu Hinterfußlänge (HF) ab und vergleichen die Ergebnisse je Habitat. Der Quotient ist dimensionslos, die Resultate für Weibchen und Männchen treffen, statistisch besehen, unterschiedliche Aussagen, denn die Werte lagen bei den Weibchen nicht, bei den Männchen indes hochsignifikant auseinander. Nach meiner Maßgabe ist aus diesen Resultaten zu schließen, dass die männlichen Waldmäuse, die den Gleisbereich des HBF Essen besiedeln, älter werden als ihre gleichgeschlechtlichen Artgenossen großstädtischer Grünflächen. Auf die Weibchen trifft die entsprechende Aussage nicht zu.

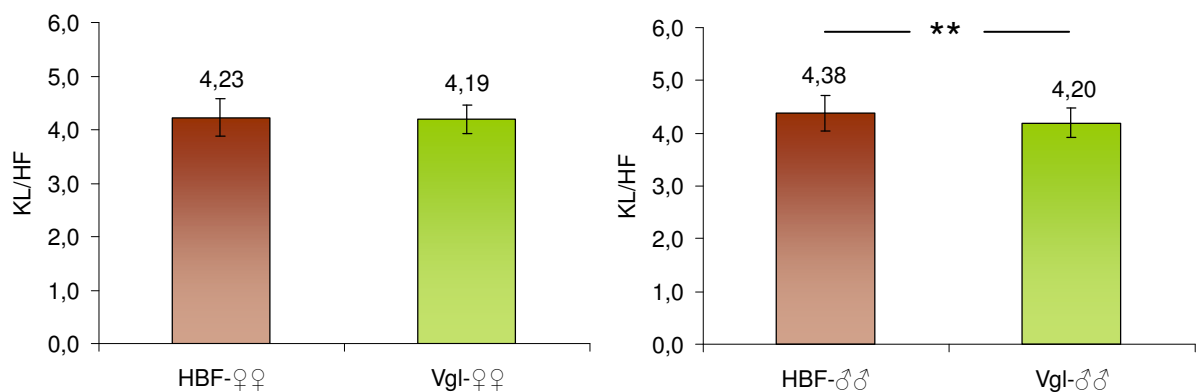


Abb. 75 (links) und 76 (rechts): Verhältnis von Körperlänge zu Hinterfußlänge (mm/mm). Die Unterschiede waren bei den Weibchen (links, $n_{\text{HBF}} = 33$, $n_{\text{Vgl}} = 36$) nicht signifikant ($p = 0,33$, $T = 0,504$, $df = 67$), bei den Männchen (rechts, $n_{\text{HBF}} = 42$, $n_{\text{Vgl}} = 51$) hochsignifikant ($p = 0,008$, $T = 2,708$, $df = 91$).

9.4 Diskussion

Soweit man aus den Ergebnissen dieses Teils der Studie schließen kann, besteht in Hinblick auf den Ernährungszustand kein Unterschied zwischen Bahnhofs- und Vergleichsmäusen. Das Gewicht sowohl je mm der Körperlänge, als auch je mm der Condylbasallänge war im intrasexuellen Vergleich praktisch gleich. Den Bahnhofsmausen bietet ihr Habitat, so ist zu folgern, zumindest kein schlechteres Futterangebot als es *A. sylvaticus* in Gärten,

Parkanlagen etc. vorfindet, wobei in dieser Aussage keine Wertung über die Qualität der Nahrung enthalten ist. Buchen und Eichen gehören ob ihrer ölreichen Früchte zu den wichtigsten natürlichen Lieferanten des Grundnährstoffes Fett. Nicht zuletzt die herbstliche Fruktifikation (Mast) dieser Baumarten beeinflusst die Populationsdynamik (nicht nur) der Waldmaus (ERIKSSON 1984, FLOWERDEW 1985). Sie kommen in Parks und Gärten vor, waren allerdings in vielen der von uns einbezogenen Vergleichshabitate selten. Generell weisen städtische Grünflächen aber hohe Mineralien- bzw. Nährstoffeinträge auf, die auf verschiedenen Wegen in das System gelangen, sei es durch Niederschläge, Düngung oder Futtergaben (vgl. KLAUSNITZER 1987, WITTIG & STREIT 2004). Davon und von den weggeworfenen Lebensmittelresten des Menschen, in Städten nur zu gewöhnlich, können urbane Waldmäuse direkt oder indirekt (über die verstärkte Primärproduktion) profitieren. Fettleibige Exemplare sind indes kaum zu erwarten, denn wie GRODZINSKI (1985) bemerkt, ist adipöses Gewebe bei *A. sylvaticus* nur wenig ausgeprägt, insbesondere zum Winter hin betreibt die Art daher Vorratshaltung.

Die Differenz zwischen der Länge von Kopf-Rumpf und Hinterpfoten ist bei den Männchen vom Hauptbahnhof deutlich und statistisch hochsignifikant höher als bei den Vergleichsmännchen. Erstere haben mithin nach dem Erreichen des „Adultstadiums“, hier definiert als der Zeitpunkt, da das Längenwachstum der Hinterpfoten abgeschlossen ist bzw. retardiert, mehr Zeit gehabt, um weiterzuwachsen. Alternativ könnte man auch annehmen, das post-pubertäre Wachstum ginge auf besonders nährstoffreiche Kost am HBF zurück, insbesondere in Hinblick auf tierisches Eiweiß (Aas, Müll). Dann dürfte allerdings diese unterstellte Besserversorgung erst nach der „Fertigstellung“ der hinteren Pfoten wirken, was nicht einzusehen ist.

Die Ursache des beschriebenen Phänomens, kann hier nicht befriedigend geklärt werden. Aber es könnte durchaus sein, dass das Leben am HBF besonders sicher ist: kaum Prädationsdruck, gleichmäßige Nahrungsversorgung, Schutz vor Witterungseinflüssen (Drainagewirkung des Schotters, wasserfeste Rückzugsmöglichkeiten). Warum profitieren dann aber die Weibchen nicht davon? Der erhöhte Reproduktionsaufwand, den sie während Schwangerschaft und Laktation aufbringen müssen, sollte nicht verantwortlich sein. Das Immunsystem weiblicher Tiere ist, hormonell bedingt, robuster und für eine höhere Stressresistenz verantwortlich (SCHALK & FORBES 1997, KLEIN 2004). Weitere Spekulationen sollen hier nicht angestellt werden, die aufgeworfene Frage bleibt daher bis auf weiteres ohne Antwort.

10 Parasitologie

10.1 Einleitung

Um eine umfassende Diagnose des Parasitenbefalls von *A. sylvaticus* aus Essen stellen zu können, habe ich mehrere Wege beschritten. Neben einer groben ektoparasitären Aufnahme und der makroskopischen Untersuchung des Dünndarminhalts kamen hämatologische und koproscopische Ansätze zur Anwendung. Dabei stand die Voraussage zur Überprüfung, dass die Bahnhofsmäuse einfach ihrer stärker überformten, vom natürlichen Biotop deutlich abweichenden Umwelt wegen einer erhöhten Stressexposition ausgesetzt sein sollten. Zwar habe ich bereits in den Kapiteln 2.2 bis 2.2.4 begründete Zweifel daran erhoben, die Lärmsituation am Hauptbahnhof könne eine *übermäßige* Belastung für die Gleismäuse darstellen. Jedoch lassen sich die Unterschiede zwischen den angestammten Habitaten von *A. sylvaticus* und den von „Stein und Eisen“ sowie Menschen geprägten Bahnhofsanlagen nicht nur an den akustischen Gegebenheiten festmachen. Negativer Stress kann nachweislich den Parasitierungsgrad erhöhen (ESCH et al. 1975).

Darüber hinaus stellte sich die Frage, ob nicht auch die Parasitierung jenen Eindruck unterstützen würde, den ich bereits in Kapitel 8.4 (Krallenlängen) formulierte: Es gibt eine mehr oder weniger geschlossene Population der Gleismäuse und nicht einfach nur ständige, z.B. auf Nahrungssuche befindliche Besucher aus der Umgebung. Wenn dem so wäre, müsste sich diese Arbeitshypothese an habitatabhängig (Vergleich/HBF) verschiedenen Parasitenarten bzw. Befallsstrukturen ablesen lassen.

10.1.1 Kurzer Überblick über ektoparasitologisch bedeutsame Taxa

Die Parasitologie unterscheidet zwischen temporären und stationären Ektoparasiten. Erstere suchen den Wirt nur für eine kurze Zeit auf, meistens zur raschen Aufnahme einer Mahlzeit (z.B. Stechmücken). Die anderen bleiben über lange Zeiträume auf ihrem Wirt und reproduzieren zum Teil auch dort (z.B. Läuse). Nicht immer ist diese zeitgebundene Einteilung jedoch eindeutig, man denke an Zecken. Außerdem sind Ekto- von Endoparasiten und Außen- von Innenschmarotzern zu trennen. Diese Einteilung folgt also dem Aufenthaltsort des Parasiten: entweder auf der Körperoberfläche, z.B. im Fell, oder aber im Körperinneren, etwa im Darmsystem. Differenzieren kann man aber auch nach der Größe und Lebensdauer. So gibt es Mikro- und Makroparasiten. Erstere sind mikroskopisch klein und ihre Generationenfolge verläuft sehr schnell – im Vergleich zu jener der Wirtsorganismen. Dazu zählen Viren, Bakterien und Protozoen. Sie spielen hier, in meiner Betrachtung, nur eine sehr untergeordnete Rolle. Ihnen gegenüber stehen die Makroparasiten. Sie sind mit bloßem Auge oder unter der relativ geringen Vergrößerung eines Auflichtmikroskops zu erkennen. In diese Gruppe fallen die für die vorliegende Studie

bedeutsamen parasitischen Helminthen („Würmer“) und gewisse Arthropoden, soweit diese eine relativ stabile Beziehung mit dem Wirt eingehen und ihn nicht nur für eine kurze Blutmahlzeit aufsuchen (vgl. ODENING 1974, HEALING & NOWELL 1985, MEHLHORN & PIEKARSKI 2002).

In den folgenden Ausführungen verwende ich die „traditionelle Taxonomie“ und teile in Stämme, Klassen und Unterklassen ein. Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass viele Zoologen diese Betrachtungsweise inzwischen kritisch sehen oder sogar ablehnen. Sie messen stattdessen der Kladistik eine höhere Relevanz bei (vgl. BURDA et al., im Druck). Für das Verständnis meiner Arbeit bleibt dies jedoch ohne Belang.

10.1.1.1 Arthropoda: Acari (Milben)

Milben sind sehr kleine Spinnentiere, lediglich 0,1-2 mm, im Extrem bis 30 mm groß; sie sind in allen Lebensräumen verbreitet (vgl. SCHMIDT 2000, MEHLHORN & PIEKARSKI 2002). Die Ontogenese verläuft vom Ei über mehrere Larven- und Nymphenstadien zum Adulttier, das in der Regel vier Beinpaare aufweist. Die Jugendstadien besitzen weniger Beinpaare. Viele Milben leben parasitisch, bekanntestes Beispiel ist der humanpathogene Holzbock *Ixodes ricinus*, der auch *A. sylvaticus* befällt (KLIMPEL et al. 2007). Bemerkenswert ist der Umstand, dass gerade Zecken als Vektoren für andere Mikro- und Makroparasiten (z.B. Nematoden) auftreten können (vgl. MORITZ 1994, SCHMIDT 2000), denn letztlich sind bakterielle Infektionen, wie die zur Zeit besonders im Lichte der Öffentlichkeit stehende Borreliose, auch Parasitosen.

10.1.1.2 Arthropoda: Insecta

Für die vorliegende Arbeit bedeutsam sind die Ordnungen Phthiraptera (Tierläuse) und Siphonaptera (Flöhe).

Tierläuse besitzen, im Gegensatz zu ihren Vorfahren, keine Flügel mehr. Ihr Körper ist als Anpassung an eine versteckte Lebensweise, um dem abwehrenden Wirt weniger Angriffsfläche zu bieten, deutlich abgeflacht. Die Tiere werden je nach Spezies 1-8 mm lang. Ihre Mundwerkzeuge sind als saugende (Unterordnung Anoplura) oder beißende Apparate (Unterordnung Mallophaga) ausgebildet. Läuse verbringen ihr ganzes hemimetaboles Leben vom Ei zum adulten Insekt auf ihren Nährorganismen, ganz wirtsspezifisch. Mallophagen parasitieren hauptsächlich auf Vögeln, Anopluren auf Säugern, genauer: Plazentaliern (vgl. SCHUMANN 1994, LUCIUS & LOOS-FRANK 1997). Bei Nagetieren sehr verbreitet sind z.B. die Polyplacidae, insbesondere die artenreiche Gattung *Polyplax* (vgl. MEY 2003), deren typischer Vertreter auf Waldmäusen *P. serrata* ist (TORRE et al. 2002). Läuse sind als Überträger verschiedener Krankheiten bekannt (SCHUMANN 1994).

Flöhe sind kleine (0,5-6 mm), ebenfalls sekundär flügellose Insekten. Ihre Körperform ist lateral abgeflacht und die Tiere entwickeln kräftige Sprungbeine. Nach holometaboler Entwicklung leben die Imagines beiderlei Geschlechts als obligate Parasiten, wobei 94% aller ca. 2.000 Arten auf Säugern, die übrigen auf Vögeln vorkommen (vgl. SCHUMANN 1994, KINZELBACH 2003). Ihre Mundwerkzeuge entsprechen dem stechend-saugenden Typ. Auch Flöhe können als Überträger anderer Parasiten fungieren, so dienen sie manchen Bandwürmern als Zwischenwirte (vgl. MEHLHORN & PIEKARSKI 2002) oder verbreiten pathogene Flagellaten (z.B. *Trypanosoma* spp.) (MARAGHI et al. 1995). Und natürlich haben sie nachgerade geschichtliche Bedeutung als Überträger der Pest (SCHUMANN 1994).

10.1.2 Kurzer Überblick über endoparasitologisch bedeutsame Taxa

10.1.2.1 Sporozoa: Coccidia

Coccidien (Klasse Sporozoea) sind einzellige, eukaryote Lebewesen und die einzigen Mikroparasiten, die in den später folgenden Ergebniskapiteln Berücksichtigung finden werden. Ein Synonym der Klasse heißt Apicomplexa, was darauf hinweist, dass sich am Apex dieser Organismen besondere Strukturen befinden. Dieser vordere Zellpol beinhaltet den *Conoid*. Mit Hilfe dieses Organells und lytischer Enzyme aus den nachgeschalteten Rhoptrien durchdringt die Coccidie die Membran einer potenziellen Wirtszelle (vgl. LUCIUS & LOOS-FRANK 1997, MEHLHORN & PIEKARSKI 2002).

Der Generationswechsel dieser Parasiten ist komplex. Meist wird zunächst eine Schizogonie durchlaufen, das heißt, die Zellen teilen sich und vermehren sich dadurch ungeschlechtlich. Später schließen sich, grob gesagt, geschlechtliche und dann wiederum ungeschlechtliche Phasen und „Formen“ an. Dazu zählen die für Wirtsorganismen infektiösen Sporozoiten, die als Oozysten bzw. Sporozysten sehr widerstandsfähig und somit befähigt sind, längere Zeit bis zur Aufnahme durch den Endwirt zu überdauern (vgl. MEHLHORN & PIEKARSKI 2002). Aus dem Wirtstier hinaus gelangen sie mit dessen Fäzes. Damit ist die Infektionskette gesichert, denn nicht zuletzt der innerartlichen Signalfunktion des Kotes wegen, ist für weiteren Kontakt mit möglichen Wirten gesorgt.

Typische coccidiale Krankheitsbilder sind Durchfälle, die mit Gewichts- und Mineralstoffverlusten einhergehen. In Kombination mit weiteren Stressoren kann der Tod eintreten (vgl. MEHLHORN & PIEKARSKI 2002).

10.1.2.2 Helminthen („Würmer“)

Der Überbegriff Helminthen umfasst eine polyphyletische Gruppe wurmförmiger, häufig parasitischer Tiere. Ihr besonderes Augenmerk richtete die „Gleismaus-AG“ auf die im

Dünndarm der Waldmaus lebenden Würmer. Diese existieren, indem sie ihren Wirten die Nährstoffe aus dem zwischen Duodenum und Ileum befindlichen, „vorverdauten“ Speisebrei (Chymus) entziehen. Die Parasitierung besteht folgerichtig aus mindestens zwei Komponenten: Mitessertum und Ausbeutung der wirtsseitigen Verdauungsvorgänge, die aus mechanischem und chemischem Aufschluss der Nahrung bestehen.

Zahlreiche Studien haben seit etwa Mitte der 50er Jahre des vergangenen Jahrhunderts eine Menge verschiedener intestinaler Parasiten der Waldmaus zu Tage, oder besser gesagt, unter die Mikroskope der Parasitologen gefördert, darunter vor allem Protozoa und eben Helminthen. Gemäß den Recherchen von TENORA (2004) sind aus *A. sylvaticus* bislang 49 Helminthenarten bekannt.

10.1.2.2.1 Plathelminthes

Der Tierstamm der Plathelminthes (Plattwürmer) besteht nach der traditionellen Klassifikation (vgl. MEHLHORN & PIEKARSKI 2002) aus drei Klassen, die teilweise in Unterklassen aufgeteilt worden sind. Die systematische Gliederung der Plattwürmer ist, wie das nicht nur, aber ganz besonders bei niederen Tieren der Fall ist, im Fluss. Für die vorliegende Arbeit sind die Cestoda und Trematoda interessant, denn sie enthalten die parasitischen Vertreter.

10.1.2.2.1a Cestoda (Bandwürmer)

Alle Cestoden sind überwiegend den Darm bewohnende Endoparasiten, ihre Nährstoffaufnahme verläuft vollständig über die Körperoberfläche. Sie verhalten sich also gewissermaßen wie ein „Darm im Darm“ ihrer Wirtstiere. Die Klasse ist artenreich (rund 3.500 Spezies, vgl. CAMPBELL & REECE 2003), wobei die Morphologie jedoch recht einheitlich ist. Es sind darmlose, gegliederte und sehr stark abgeflachte ‚Bandwürmer‘, deren Länge allerdings artspezifisch um den Faktor 1.000, von wenigen Millimetern bis zu vielen Metern, variiert. Der Kopf (Scolex) ist mit Haftorganen (Saugapparate und Haken) versehen, die es dem Bandwurm erlauben, sich in der Darmschleimhaut des Wirtes zu verankern. Dem Scolex folgen, je nach Art, bis zu mehrere Tausend Glieder (Proglottiden), die, jedes für sich, den zwittrigen Geschlechtsapparat aufnehmen und deren Verkettung als Strobila bezeichnet wird. Die geschlechtliche Vermehrung der Cestoden findet im Endwirt statt. Die mit befruchteten Eiern gefüllten Proglottiden des distalen Endes werden abgesondert und gelangen mit den Fäzes des Wirtes nach außen. Meist mit einem Wirtswechsel verläuft der ontogenetische Zyklus eines Bandwurmes weiter, denn die durch einen Zwischenwirt (häufig Wirbellose, auch Kleinsäuger, manchmal Wiederkäuer) aufgenommenen Eier entwickeln sich zu Metacestoden (Larven, Finnen). Im Darm der Endwirte, entweder Prädatoren der

Zwischenwirte oder Pflanzenfresser, die Wirbellose mit der Nahrung „versehentlich“ aufnehmen, endet dann der Zyklus bzw. beginnt aufs Neue. Bandwurmeier sind außerordentlich widerstandsfähig und bleiben Monate bis Jahre und auch nach Temperaturschwankungen von > 60°C noch für den Zwischenwirt infektiös.

Die Systematik der Cestoda ist noch in vieler Hinsicht ungeklärt, für das Verständnis dieser Arbeit ist dies aber von geringer Bedeutung. Weitere Informationen finden sich bei LUCIUS & LOOS-FRANK (1997), ROMMEL et al. (2000) und MEHLHORN & PIEKARSKI (2002).

Indem der Bandwurm die Nährstoffe aus dem Milieu aufnimmt, schädigt er seinen Wirt. Allerdings wird dieser Schaden nur erheblich, wenn die Nahrungssituation ohnehin angespannt ist und/oder der parasitierte Organismus geschwächt. Im allgemeinen gilt Bandwurmbefall für den Endwirt als unproblematisch (vgl. HYMAN 1951, MEHLHORN & PIEKARSKI 2002). Weit weniger günstig ist die Prognose für einen Fehlwirt, erinnert sei an die Fuchsbandwurm-Problematik beim Menschen (ECKERT 1996).

Aus dem Darm von *A. sylvaticus* ist eine ganze Reihe von Cestoden bekannt (Tab. 17).

Tab. 17: Angehörige der Cestoda (Larvae sofern angegeben, sonst Adulti) aus *A. sylvaticus*. Bezugsgebiete sind nicht als vollständige Verbreitungsareale anzusehen. Referenzgebiete: ^a Mitteleuropa, ^b Deutschland (^{b1} NRW), ^c England, ^d Frankreich (^{d1} Korsika), ^e Irland, ^f Italien (^{f1} Sizilien), ^g Portugal, ^h Shetland-Inseln, ⁱ Spanien (Festland), ^j Tschechien, ^k Westmediterrane Inseln (Iles de Hyères, Balearen, Pityusen).

Art	Quellen
<i>Anoplocephaloides dentata</i> (= <i>Paranoplocephala d.</i>)	^j TENORA (2004)
<i>Arostrilepis horrida</i> (= <i>Hymenolepis h.</i>)	^j TENORA (2004)
<i>Catenotaenia pusilla</i>	^c MURUA (1978), ^c ABU-MADI et al. (2000), ⁱ GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ^j TENORA (2004)
<i>Cladotaenia globifera</i> (Larvae)	^k GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ^g EIRA et al. (2006)
<i>Gallegoides arfaai</i>	^{i, k, f1} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ⁱ TORRES et al. (2004), ^f MILAZZO et al. (2005)
<i>Taenia taeniaeformis</i> (= <i>Hydatigera t.</i>) (Larvae) Systematik unsicher (TENORA 2004)	^j TENORA (2004)
<i>Hymenolepis diminuta</i> n. Tenora (2004) kein Parasit von <i>A. sylvaticus</i> sondern von <i>Mus</i> sp., offenbar häufig mit <i>H. hibernia</i> verwechselt	^{i, k, f, f1} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)
<i>Hymenolepis hibernia</i>	^e MONTGOMERY & MONTGOMERY (1988, 1990), ^j TENORA (2004)
<i>Joyeuxiella pasqualei</i> (Larvae)	^k GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)
<i>Mesocestoides</i> sp. (Larvae)	^{a, f1} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)
<i>Multiceps</i> spp.	^k GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)
<i>Paranoplocephala macrocephala</i> (= <i>Aprostotandrya m.</i>)	^j TENORA (2004)
<i>Passerilepis crenata</i> (= <i>Microsomacanthus c.</i> , <i>Variolepis c.</i> , <i>Hymenolepis muris-sylvatici</i>)	^c MURUA (1978), ^c BEHNKE et al. (1999), ^a GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ^j TENORA (2004)
<i>Pseudocatenotaenia matovi</i>	^{a, i, k, d1} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ^{b1} KLIMPEL et al. (2007)
<i>Rodentolepis asymmetrica</i>	^j TENORA (2004)
<i>Rodentolepis fraterna</i>	^c MURUA (1978), ^h WILSON et al. (1998), ⁱ FUENTES et al. (2004), ^j TENORA (2004)
<i>Rodentolepis straminea</i> (= <i>Hymenolepis s.</i> , <i>H. microstoma</i>)	^{a, k, d1, f, f1} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ⁱ FUENTES et al. (2004), ^j TENORA (2004), ^f MILAZZO et al. (2005), ^g EIRA et al. (2006)

Tab. 17 (Fortsetzung)

Art	Quellen
<i>Skrjabinotaenia lobata</i> (= <i>Catenotaenia l.</i>)	^c MURUA (1978), ^e LANGLEY & FAIRLEY (1982), ^e MONTGOMERY & MONTGOMERY (1988, 1990), ^{a, i, d1, f1, k} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ^j TENORA (2004), ^g EIRA et al. (2006)
<i>Taenia hydatigena</i> (= <i>T. tenuicollis</i>) (Larvae)	^a GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)
<i>Taenia martis</i> (Larvae)	ⁱ FUENTES et al. (2004)
<i>Taenia parva</i> (Larvae)	^k GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ⁱ FUENTES et al. (2004), ^g EIRA et al. (2006)
<i>Taenia polyacantha</i> (Larvae)	^a GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ^j TENORA (2004)
<i>Taenia taeniaeformis</i> (Larvae) (= <i>Hydatigera t.</i>)	^e MONTGOMERY & MONTGOMERY (1988, 1990), ^c BEHNKE et al. (1999), ^{a, k, d1} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ⁱ FUENTES et al. (2004), ^f MILAZZO et al. (2005), ^j TENORA (2004)

10.1.2.2.1b Trematoda (Saugwürmer)

Bis heute sind ca. 6.000 Trematodenspezies bekannt (vgl. CAMPBELL & REECE 2003), viele davon aquatisch. Für die vorliegende Betrachtung interessant sind die Digenea. Über die Systematik der Trematoden herrscht wiederum eine gewisse Uneinigkeit. Unter Maßgabe der klassischen Taxonomie bilden sie nach aktueller Ansicht eine Klasse, in der die Digenea eine Unterklasse ausmachen (GIBSON 2007). Jedenfalls handelt es sich bei ihnen um dorsoventral abgeflachte, ungegliederte Endoparasiten von normalerweise ovaler bis lanzettförmiger Gestalt, die mit mehreren, meistens zwei Saugapparaten ausgestattet sind, um sich damit im Gewebe (z.B. der Darmschleimhaut) des Wirtes verankern zu können. Hierzu dient vor allem der Bauchsaugnapf, während mittels des Mundsaugnapfes eine direkte „trophische Verbindung“ zum Wirt aufgebaut wird. Außerdem ist das epidermislose Tegument der Trematoden geeignet, Nährstoffe aus dem Milieu aufzunehmen (vgl. MEHLHORN & PIEKARSKI 2002). Digenea sind protandrische Zwitter und haben in der Regel sehr komplexe Entwicklungszyklen, die durch die Abfolge von sexuellen und asexuellen Phasen sowie einen oder mehrere Wirtswechsel gekennzeichnet sind (vgl. CAMPBELL & REECE 2003, MEHLHORN & PIEKARSKI 2002). Wenn z.B. der Endwirt ein Säugetier ist, kann als Zwischenwirt ein Wirbelloser, häufig aus den Taxa Arthropoda und Gastropoda, in Frage kommen, der entweder als Beutetier absichtlich oder mit pflanzlicher Nahrung „nebenbei“ aufgenommen wird und somit die Infektion einleitet. Generell existieren beinahe unüberschaubar viele Entwicklungswege, so dass an dieser Stelle auf spezielle Literatur verwiesen wird (z.B. ROMMEL et al. 2000, MEHLHORN & PIEKARSKI 2002).

Literaturrecherchen zu den wichtigsten Trematoden bzw. Digenea aus Waldmäusen sind in Tabelle 18 zusammengefasst.

Tab. 18: Angehörige des Trematodentaxons Digenea aus *A. sylvaticus*. Bezugsgebiete sind nicht als vollständige Verbreitungsgebiete anzusehen. Referenzgebiete: wie in Tabelle 17.

Art	Quellen
<i>Alaria alata</i> (Larvae)	^a GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)
<i>Brachylaima recurva</i> (= <i>Brachylaemus recurvum</i>)	^e LANGELEY & FAIRLEY (1982), ^e MONTGOMERY & MONTGOMERY (1988, 1990), ^c BEHNKE et al. (2003), ^{a, i} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ^{b1} KLIMPEL et al. (2007)
<i>Collyricloides massanae</i>	^h GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)
<i>Corrigia vitta</i>	^e LANGELEY & FAIRLEY (1982), ^e MONTGOMERY & MONTGOMERY (1988, 1990), ^c ABU-MADI et al. (2000), ^c BEHNKE et al. (2003), ^{i, f, ft, k} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ^f MILAZZO et al. (2005), ^{b1} KLIMPEL et al. (2007)
<i>Isthmiophora melis</i> (= <i>Euparyphium m.</i>)	^a GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)
<i>Macyella apodemi</i>	ⁱ GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)
<i>Maritrema apodemum</i>	^h WILSON et al. (1998)
<i>Notocotylus neyrai</i>	ⁱ GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)
<i>Plagiorchis</i> spp. (<i>P. arvicolae</i> , <i>P. muris</i> , <i>P. elegans</i> , <i>P. talassensis</i>) Taxonomie n. TENORA (2004) problematisch	^e LANGELEY & FAIRLEY (1982), ^e MONTGOMERY & MONTGOMERY (1988), ^{a, h} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ⁱ FUENTES et al. (2004), ^j TENORA (2004), ^c ROGAN et al. (2007)
<i>Psilotrema simillimum</i>	^a GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)
<i>Scaphiostomum palaearticum</i>	^k GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)
<i>Skrjabinoplagiorchis vigisi</i>	^a GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)

10.1.2.2 Nematoda (Fadenwürmer)

Nematoden bilden eine überaus große Gruppe. Bekannt sind etwa 15.000 Arten, doch gibt es Schätzungen, nach denen > 500.000 Spezies existieren (vgl. CAMPBELL & REECE 2003), die meisten davon freilebend. Einige Arten treten aber als Zooparasiten auf. Sie alle sind, wie es der deutsche Name „Rund- oder Fadenwürmer“ besagt, fadenförmig dünn. Ihre Länge kann, hierin den Cestoden ähnlich, stark variieren: 1 mm langen Arten stehen andere gegenüber, die mehr als einen Meter erreichen. Fadenwürmer sind getrenntgeschlechtlich, bei parasitischen Arten schlüpfen die Larven entweder im Darm des Elternwirts oder aber außerhalb, nachdem sie mit dem Wirtskot den Körper verlassen haben. Als dritte Möglichkeit existiert bei einigen Arten die Ovoviviparie. Es gibt mehrere Larvenstadien (für gewöhnlich deren vier), die sich je nach Art des Nematoden in unterschiedlichen Wirtsgeweben aufhalten können. Die Ontogenese eines parasitischen Fadenwurms kann zudem von Zwischenwirten abhängig sein. Weitere Informationen geben GRUNER (1993), ROMMEL et al. (2000) und MEHLHORN & PIEKARSKI (2002).

Der Tabelle 19 sind in *A. sylvaticus* schmarotzende Nematoden zu entnehmen.

Tab. 19: Bekannte parasitische Nematoden der Waldmaus. Bezugsgebiete sind nicht als vollständige Verbreitungsgebiete anzusehen. Referenzgebiete: wie in Tabelle 17. (k.A. = keine Angabe)

Art	Lokalisation	Quellen
<i>Angiostrongylus dujardini</i>	Lunge	^{i, 11} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ⁹ EIRA et al. (2006)
<i>Aonchotheca annulosa</i> (= <i>Capillaria a.</i>)	Dünndarm	^{i, d1, k} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ^j TENORA (2004)
<i>Aonchotheca murissylvatici</i> (= <i>Capillaria m.</i>)	Dünndarm	^e LANGLEY & FAIRLEY (1982), ^e MONTGOMERY & MONTGOMERY (1988, 1990), ^c BEHNKE et al. (1999), ^c ABU-MADI (2000), ^{i, d1, f, k} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ^j TENORA (2004), ^f MILAZZO et al. (2005), ^{b1} KLIMPEL et al. (2007)
<i>Aonchotheca</i> spp. (= <i>Capillaria</i> spp.)	Dünndarm	^c MURUA (1978), ^{i, d1, 11, k} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)
<i>Aspiculuris tetraptera</i>	Dünndarm	ⁱ FUENTES et al. (2004), ^f MILAZZO et al. (2005), ⁹ EIRA et al. (2006)
<i>Calodium hepaticum</i> (= <i>Capillaria hepatica</i>)	Leber	^h WILSON et al. (1998)
<i>Gongylonema neoplasticum</i>	k.A.	^{a, k} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ⁹ EIRA et al. (2006)
<i>Eucoleus gastricus</i>	Verdauungstrakt	^{b1} KLIMPEL et al. (2007)
<i>Eucoleus</i> sp.	Magen	^{f1} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)
<i>Heligmosomoides polygyrus</i> (= <i>H. dubius</i> , <i>Nematospiroides d.</i>)	Dünndarm	^c MURUA (1978), ^e MONTGOMERY & MONTGOMERY (1988, 1990), ^c BEHNKE et al. (1999), ^c ABU-MADI (2000), ^{a, d1, f, 11, i, k} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ⁱ FUENTES et al. (2004), ^j TENORA (2004), ^f MILAZZO et al. (2005), ⁹ EIRA et al. (2006), ^{b1} KLIMPEL et al. (2007)
<i>Heligmosomoides laevis</i>	Dünndarm	ⁱ TENORA (2004)
<i>Heligmosomum costellatum</i> (= <i>H. pseudocostellatum</i>)	Dünndarm	^{a, i} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ^j TENORA (2004)
<i>Heterakis spumosa</i> (= <i>Ganguleterakis micropis</i> , <i>G. spumosa</i>)	Dickdarm	^e LANGLEY & FAIRLEY (1982), ^j TENORA (2004), ^{b1} KLIMPEL et al. (2007)
<i>Mastophorus muris</i>	Magen	^{a, d1, i, k} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ^j TENORA (2004), ^f MILAZZO et al. (2005)
<i>Nippostrongylus brasiliensis</i>	Dünndarm (Duodenum)	ⁱ GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)
<i>Pelodera strongyloides</i>	k.A.	^e MONTGOMERY & MONTGOMERY (1988, 1990) ^c BEHNKE et al. (1999), ^{b1} KLIMPEL et al. (2007)
<i>Physaloptera getula</i>	k.A.	^k GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003)
<i>Porrocaecum</i> sp.	k.A.	^j TENORA (2004)
<i>Rictularia proni</i>	Magen	^{d1, f, 11, i, k} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ⁱ FUENTES et al. (2004), ^j TENORA (2004), ^f MILAZZO et al. (2005), ⁹ EIRA et al. (2006)
<i>Rictularia</i> sp.		^h WILSON et al. (1998)
<i>Syphacia frederici</i>	Blinddarm	^{a, d1, f, 11, i, k} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ⁱ FUENTES et al. (2004), ^j TENORA (2004), ^f MILAZZO et al. (2005), ⁹ EIRA et al. (2006)
<i>Syphacia obvelata</i>	Dünndarm	^{b1} KLIMPEL et al. (2007; S. cf. <i>obvelata</i>)
<i>Syphacia stroma</i>	Dünndarm, Blinddarm	^c MURUA (1978), ^e LANGLEY & FAIRLEY (1982), ^e MONTGOMERY & MONTGOMERY (1988, 1990), ^c BEHNKE et al. (1999), ^c ABU-MADI (2000), ^{a, d1, f, 11, i, k} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ⁱ FUENTES et al. (2004), ^j TENORA (2004), ^f MILAZZO et al. (2005), ⁹ EIRA et al. (2006), ^{b1} KLIMPEL et al. (2007)
<i>Trichuris muris</i> (= <i>Trichocephalus m.</i>)	Dünndarm, Blinddarm	^c MURUA (1978), ^e MONTGOMERY & MONTGOMERY (1988, 1990), ^c BEHNKE et al. (1999), ^{a, d1, f, 11, i, k} GOÛY DE BELLOCQ et al. (2003), ⁱ FUENTES et al. (2004), ^j TENORA (2004), ^f MILAZZO et al. (2005), ⁹ EIRA et al. (2006)

10.2 Material und Methoden

Fallen, Fangprozedur und Geschlechtsdiagnose wurden in Kapitel 6 beschrieben. Für diesen Teil der Studie fingen wir zwischen Ende März und Ende Juli 2005 insgesamt 69 (der insgesamt 189) Waldmäuse, davon 65 subadulte und adulte Tiere (♀♀: 23, ♂♂: 42). Die vier juvenilen Individuen wurden wieder freigelassen. 12 Tiere entstammten dem Bahnhof, die anderen 53 kamen von urbanen Grünflächen. Allerdings stand nicht für jeden Schritt der parasitologischen Analyse die Maximalzahl an Testtieren zur Verfügung.

Darüber hinaus, als ergänzende Teilstudie, wurden aus dem Feuchtpräparatfundus der Gleismaus-AG 55 konservierte Waldmäuse entnommen und auf große darmbesiedelnde Würmer (Cestoden) hin untersucht. Diese Tiere werden im entsprechenden Kapitel als „Sammlungsmäuse“ oder „Sammlungsexemplare“ bezeichnet. Es handelte sich um 35 HBF-Mäuse (15 ♂♂, 20 ♀♀, davon 26 adult) und 20 Vergleichsindividuen (8 ♀♀, 12 ♂♂, 13 adulte). Sie waren von 2001 bis 2004 gefangen worden.

10.2.1 Ektoparasitologische Untersuchung

Die Tiere wurden in den Fallen zur Untersuchung in das Labor der Allgemeinen Zoologie (Uni Duisburg-Essen) verbracht und zunächst in Kleintierkäfigen aufbewahrt. Vor der Untersuchung wurde jede Maus einzeln narkotisiert und durch cervikale Dislokation getötet. Unmittelbar danach begann mit der unsystematischen Absuchung des Fells die Untersuchung auf Makroorganismen wie Flöhe, Läuse oder Milben (Monitoring). Gefundene Parasiten wurden in 70%iges Ethanol überführt und aufbewahrt. Die Determination erfolgte am Stereoauflichtmikroskop (Wild Heerbrugg Makroskop M 420). Als Bestimmungshilfen dienten die Werke von HANNEMANN (1994), LUCIUS & LOOS-FRANK (1997), ROMMEL et al. (2000), SCHAEFER (2002), PFEIFFER (Internet), RESEARCH ANIMAL DIAGNOSTIC LABORATORY (Internet). Ergänzend wurde auch die nachfolgend beschriebene Klebestreifen-Methode, wiewohl primär zur Erfassung von Parasiteneiern verwendet, herangezogen, da auch mit ihr Ektoparasiten sichergestellt werden können.

10.2.2 Perianale Analyse (Klebestreifenmethode)

Bei 62 Waldmäusen (50 Vergleichs-, 12 Bahnhofsmäuse) wurde noch bevor die Sektion begann die sogenannte Klebestreifenmethode angewandt (vgl. ROMMEL et al. 2000). Damit können Eier, zum Beispiel von Oxyuren und Cestoden, nachgewiesen werden, die von den adulten weiblichen Parasiten im Perianalbereich des Wirts abgelegt werden. Die gut etablierte Methode sieht die Benutzung eines transparenten Klebefilms vor, mit dem die Analregion des zu untersuchenden Tieres kräftig abgetupft wird. Der Film wird sodann glatt

auf einen gewöhnlichen Objektträger geklebt und kann in der Folge mikroskopisch ausgewertet werden. Wir benutzten hierfür ein Stereodurchlichtmikroskop (Olympus Vanox AHBT3, Olympus Deutschland GmbH, Hamburg). Wir achteten im Übrigen darauf, auch einige Haare aus der perianalen Region auf den Klebestreifen zu bekommen, da sie häufig Parasiteneier tragen.

10.2.3 Koproscopie (Flotationsmethode)

Zum Nachweis vor allem von Eiern, aber auch eventuell von Larven und adulten Parasiten, wurde bei 35 Tieren (23 Vergleichs-, 12 Bahnhofsmäuse) das Flotationsverfahren eingesetzt (vgl. ZILLMANN & MUTSCHMANN 1999, ROMMEL et al. 2000). Im Zentrum dieser Vorgehensweise steht ein Aufschwemmungsverfahren, bei dem aufgrund von Dichteunterschieden Parasiteneier an die Oberfläche der eingesetzten Suspension steigen, während andere Kotfraktionen absinken. Das spezifische Gewicht der meisten intestinalen Helmintheneier liegt zwischen 1,1 und 1,2 g/cm³ (vgl. THIENPONT et al. 1979). Als Flotationsmedium diente darum eine Magnesium-Sulfatlösung (Fasol, Fa. Kruuse, Marslev, Dänemark), welche die genannte Dichtespanne übertraf (1,3 g/cm³ bei 15 °C).

In die Untersuchung gingen frische Fäzes ein, die direkt nach der Tötung Rectum und Caecum der Waldmäuse entnommen worden waren. Die Kotproben wurden mit der Flotationslösung in methodenentsprechende Einweggefäße (Fecalyzer, Fa. Evsco Pharmaceuticals, Buena, NJ, USA) gegeben und verrührt. Anschließend wurde die Suspension so weit aufgefüllt, bis sich durch die Oberflächenspannung ein konvexer Meniskus am Behälterrand gebildet hatte, auf den ein Mikroskopier-Deckgläschen gelegt werden konnte. Die flotierenden Eier sammelten sich im Laufe von ca. 30 Minuten darunter an. Das Deckgläschen wurde auf einen Objektträger gebracht und mit dem Stereodurchlichtmikroskop (Olympus Vanox AHBT3) untersucht. Gefundene Eier, Larven und adulte Parasiten wurden mittels des mit dem genannten Mikroskop verbundenen computergestützten Bildverarbeitungsprogramms *image analySIS 2.1* (SIS GmbH, Münster) fotografiert und vermessen und soweit wie möglich determiniert. In einigen Fällen nahmen wir das mikroskopische Bild direkt durch das Okular mit einer Digitalkamera (Nikon Coolpix 4500) auf, die weitere Auswertung (Vermessung) konnte auch dann mit *analySIS* geschehen.

Der Befall mit Eiern und einzelligen Schmarotzern (v.a. Coccidien) wurde für das jeweilige Präparat entweder als negativ, schwach (+, n ≤ 5), mittel (++, n = 6-40) oder stark (+++, n > 40) eingeschätzt, immer von derselben auswertenden Person.

10.2.4 Endoparasitologisch-makroskopische Untersuchung des Dünndarms

Nach der Feststellung der Ektoparasiten und der morphometrischen Erfassung wurde jede frisch tote Waldmaus in gleicher Weise behandelt (→ Kap. 6.2). Dem Medianschnitt folgten nötigenfalls weitere Schnitte entlang der Rippenbögen, so dass jeder derart eröffneten Bauchhöhle der Magen-Darm-Trakt vorsichtig entnommen werden konnte. Dies geschah bei insgesamt 65 Tieren (53 Vergleichs-, 12 Bahnhofsmäuse). Nach der Entnahme wurden die Dünndärme der Länge nach ausgelegt und sorgfältig von den meisten Mesenterien und anderen anhaftenden Geweberesten befreit. Um den leicht dehnbaren Dünndarm nicht zu überstrecken und vergleichbare Messungen zu ermöglichen, übernahmen stets dieselben Personen Präparation und Vermessung des Darms. Im Anschluss gelangten die Dünndärme zur Konservierung und Fixierung in 4%ige Formaldehydlösung und nach ca. zwei Wochen per Umbettung in 70%iges Ethanol.

In der Regel erfolgte die Untersuchung auf intestinale Parasiten erst bei den fixierten Organen. Nur in Einzelfällen wurde der Darm schon direkt nach seiner Entnahme und Vermessung der Länge nach aufgeschnitten. Dies geschah vor allem dann, wenn die Parasiten schon von außen sichtbar waren oder der Darm auffällige Auftreibungen oder Verkürzungen aufwies.

Die enthaltenen Makroparasiten wurden abgesammelt, gezählt, zum Teil fotografiert und für jedes Wirtstier gesondert in mit Ethanol gefüllten Schnappdeckelgläsern aufbewahrt. Die Bestimmung des Taxons oberhalb des Gattungsniveaus erfolgte unter dem Stereoauflichtmikroskop (Wild Heerbrugg Makroskop M 420) und unter Zuhilfenahme der Literatur von MEHLHORN & PETERS (1983), OWEN (1992) und MEHLHORN et al. (1993). Darüber hinaus wurden die konservierten Helminthen wie auch Fotografien der mittels koproskopischer und perianaler Methoden gewonnenen Eifunde zur weiteren Determination den Professoren Dr. F. TENORA³ und DR. V. BARUŠ⁴ (Brno/Brünn, Tschechische Republik) zugesandt.

Bei den 55 „alten“ Sammlungsmäusen waren die Dünndärme in den bereits eröffneten Bauchhöhlen durch monate- oder jahrelange Lagerung geschrumpft und verhärtet. Auch weil dieser Teil der Studie Pilotcharakter hatte, gehen hier nur die abgesammelten „Großwürmer“ in eine eigene Auswertung ein, da ein anderer Ansatz keine zuverlässigen Befunde versprach. Die Bestimmung der festgestellten Cestoden erfolgte mit denselben Hilfsmitteln und Expertisen wie vorstehend für die „frischtoten“, zum Zwecke der ganzheitlichen parasitären Untersuchungen gefangenen Waldmäuse beschrieben.

³ Prof. em. Dr. František TENORA, Mendel Universität für Land- u. Forstwirtschaft, Brünn, Tschechische Republik

⁴ Prof. em. Ing. Vlastimil BARUŠ, Inst. f. Wirbeltierbiologie, Akad. d. Wissensch. der Tschech. Republik, Brünn

10.2.5 Hämatologische Analyse

Spezifische Blutwerte liefern Hinweise auf Infektionskrankheiten, worunter auch Parasitosen fallen. Deshalb wurden in dieser Studie die Werte der (1) gesamten Leukozyten, der (2) Granulozyten (einer für die Immunkompetenz besonders wichtigen Untergruppe der Leukozyten) und, anteilmäßig, der (3) eosinophilen Granulozyten in den Fokus der Betrachtung gestellt. Letztere, kurz Eosinophile genannt, spielen bei der Abwehr von Parasiten eine entscheidende Rolle, indem sie toxische bzw. lytische Enzyme in oder auf diese abgeben (vgl. CAMPBELL & REECE 2003, HIEPE et al. 2006). Sind die Werte gegenüber der Norm auffällig erhöht, kann dies mithin als zuverlässiger Hinweis auf eine Parasitose betrachtet werden (vgl. DÖRNER 2003).

Zur Bestimmung des Blutbildes entnahmen wir den im Zentralen Tierlabor des Universitätsklinikums Essen mit Halothan narkotisierten Waldmäusen durch Punktion des retrobulbären Venenplexus 1-2 ml Blut. Sodann erfolgte die vollautomatische Analyse der Probe mittels des elektronischen Hämatologiegeräts Vet ABC Hematology Analyzer (Fa. Scil Animal Care Company, Frankreich). In die hämatologische Analyse banden wir aus der Gesamtstichprobe (n = 65) neun adulte Bahnhofsmäuse (1 ♀, 8 ♂♂) und zwölf adulte Vergleichsmäuse (5 ♂♂, 7 ♀♀) ein.

10.2.6 Statistische Überprüfung

BUSH et al. (1997) haben grundlegende Begriffe der Populationsbiologie auf den parasitologischen Bereich übertragen und definiert. Die vorliegende Studie orientiert sich an dieser Terminologie.

Die **mittlere Abundanz** ist der Quotient aus der Gesamtzahl der Parasiten, monospezifisch oder als Gruppe (z.B. Helminthen) aufgefasst, und dem „n“ der Gesamtstichprobe der potenziellen Wirtstiere. Es handelt sich folglich um den durchschnittlichen Befall.

Als **mittlere Intensität** wird der Quotient aus der gesamten Anzahl der Parasiten einer Art/einer Gruppe und der Gesamtzahl der *damit infizierten* Wirte bezeichnet.

Die **Intensität** (der Infektion) gibt die Anzahl der Parasiten einer Art/Gruppe in einem Wirtsindividuum an.

Die **Prävalenz** wird durch den Quotienten aus der Anzahl der tatsächlich infizierten Wirte und der Anzahl aller untersuchten Tiere, also der Gesamtstichprobe (potenzielle Wirte), beschrieben. Die Angabe erfolgt für gewöhnlich prozentual.

Der Überprüfung von Signifikanzen bei Mittelwertvergleichen dienen der T-Test oder, falls die Normalverteilung der Stichprobendaten ausgeschlossen werden musste, der Mann-Whitney U-Test (→ Kap. 1.5).

Aufgrund der allgemein sehr kleinen Stichproben einzelner Untergruppen fielen einige statistische Analysen weg (z.B. zwischen parasitierten und nicht parasitierten Individuen; einige Auswertungen zur mittleren Intensität). Für Nematoden, Cestoden und Trematoden wurden zudem Prävalenz, mittlere Abundanz, mittlere Intensität inkl. Spannweite des Auftretens (Minimum-Maximum) sowie die Summe aller gefundenen Würmer eines Typs für die einzelnen Habitate ermittelt (vgl. GREGORY 1992, ABU-MADI et al. 2000 und FUENTES et al. 2004). Dabei wurden Prävalenz (mittels χ^2 -Test) und mittlere Abundanz (mittels MW U-Test) zwischen den einzelnen Habitaten ebenfalls auf Signifikanz getestet.

10.3 Ergebnisse

10.3.1 Ektoparasiten

An insgesamt 24 Exemplaren der Gesamtstichprobe von 65 untersuchten Waldmäusen (Prävalenz: 36,9%) wurden bei grober Fellabsuchung insgesamt 51 Ektoparasitenindividuen



Abb. 77: Laus der Gattung *Polyplax* mit in den Verdauungstrakt aufgenommenem Blut (Messbalken: 0,3 mm). (Foto: C. Seidel)

gefunden (mittlere Intensität: 2,1). Zunächst elf Mäuse waren mit Milben (Arachnida: Acari) befallen, nur zwei von allen 25 dieser Spinnentiere ließen sich auf den zwölf Gleismäusen bestätigen. Alle Milben wurden nach eingehenden Bildvergleichen der Familie Laelapidae aus der Überfamilie Dermanyssoidea zugeordnet (Abb. 79). Das weitere Monitoring ergab 26 Flöhe (Insecta: Siphonaptera), die eindeutig den Gattungen *Ctenophthalmus* (Ctenophthalmidae, n = 21; Abb. 80), *Typhloceras* (Ceratophyllidae, n = 2;

Abb. 81) und wahrscheinlich *Nosopsyllus* (Hystrichopsyllidae, n = 3) zuzuordnen waren. Zwei *Ctenophthalmus*-Individuen stammten vom HBF Essen, alle anderen Flöhe von Vergleichsmäusen.

Zudem fanden sich als Resultat der Klebestreifenmethode im perianalen Bereich von 13 Mäusen insgesamt 18 weitere Laelapiden, sowie an fünf Tieren noch einmal 49 kleinere Milben, bei denen es sich meines Erachtens um *Listrophorus* sp. oder zumindest Angehörige der Listrophoridae (Überfam.: Listrophoroidea) handeln musste (Abb. 78). Auf diese 67 Milben wurden ausschließlich die Vergleichsmäuse positiv getestet.

Die Klebestreifenmethode war es auch, die noch vier Läuse (Insecta: Phthiraptera, Anoplura) ans Licht (des Makroskops) brachte. Sie gehörten mutmaßlich der Gattung *Polyplax* an (Abb. 77) und befanden sich wiederum ausnahmslos an Waldmäusen der Grünflächen.

Eine zusammenfassende Auflistung der in dieser Studie erfassten Ektoparasiten von *A. sylvaticus*, die sich bis auf *Listrophorus* alle hämatophag ernähren, bietet Tabelle 31 in Kapitel 10.3.7.



Abb. 78 und 79: Milben der Listrophoridae (links, 0,1 mm) und Laelapidae (rechts, 0,3 mm). (Fotos: C. Seidel & M. Schmitt)

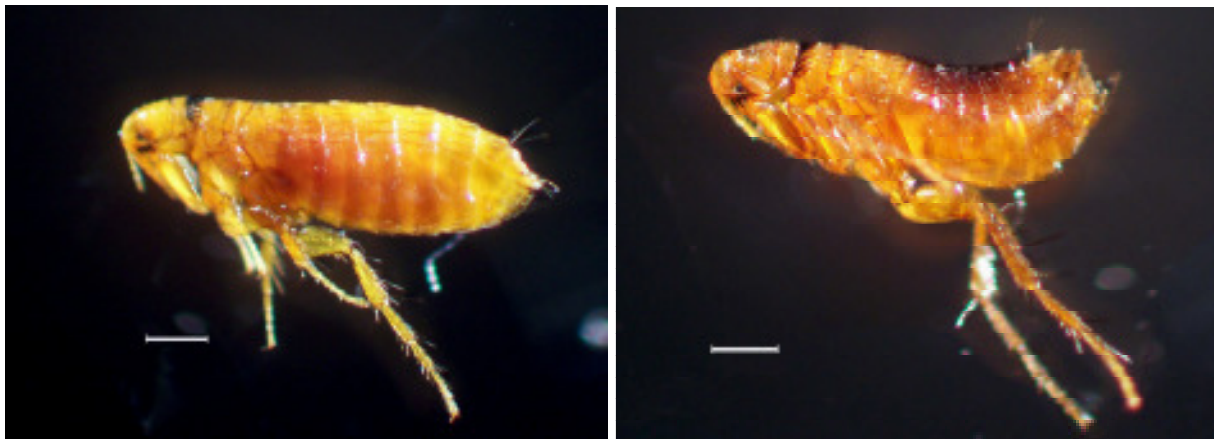


Abb. 80 und 81: Flöhe der Gattungen *Ctenophthalmus* (links, 0,5 mm) und *Typhloceras* (rechts, 0,5 mm). (Fotos: C. Seidel & M. Schmitt)

10.3.2 Endoparasiten: Klebestreifenmethode

Bei 13 der 62 untersuchten Waldmäuse lautete die Diagnose hinsichtlich der Ei-Funde auf Befall mit *Syphacia stroma* (Nematoda: Oxyuridae; Abb. 84). Außerdem wurde noch ein adulter Wurm dieser Art bestätigt. Alle Stadien waren nur bei den Vergleichsmäusen zu finden. Bei den Bahnhofsmäusen erbrachte die Abtupfung des perianalen Bereichs keinerlei Hinweise auf Endoparasiten.

10.3.3 Endoparasiten: Flotationsverfahren

Vier „Formen“ von Nematodeneiern konnten identifiziert werden (Abb. 82-85). Einmal handelte es sich wiederum um jene von *Syphacia stroma*, wobei weitere kongenerische Arten nicht völlig auszuschließen sind. Des Weiteren vermochten wir *Trichuris muris* (Nematoda: Trichuridae) und *Aonchotheca cf. murissylvatici* (Nematoda: Capillariidae) festzustellen. Und zum dritten fanden sich Eier von *Heligmosomoides polygyrus* (Nematoda: Heligmosomidae) in den Kotproben. In all diesen Fällen könnten weitere Arten oder Gattungen hinzutreten. Diese Unsicherheit verbleibt, weil naturgemäß nicht alle Eifunde (als Fotografien) zur genauen Determinierung an die Akademie der Wissenschaften und die Mendel Universität in Brno (Brünn) zu den Professoren BARUŠ und TENORA gesandt werden konnten. Die Abbildungen der Eier, die wir übermittelten, gingen aber allesamt auf die oben genannten Arten zurück. Die von der Gleismaus AG per Flotation aus den Fäzes der Waldmäuse gelösten, kreisrunden Bandwurmeier stammten ohne Ausnahme von *Hymenolepis hibernia* (Cestoda: Cyclophyllidae) (Abb. 86).

Von *S. stroma* lasen wir darüber hinaus Adulti beiderlei Geschlechts aus, außerdem noch eine unbestimmte *Syphacia*-Art (wahrscheinlich nicht *S. stroma*) und ein Wurm der Spezies *A. murissylvatici*. Schließlich gelang der Arbeitsgruppe noch der Nachweis von Coccidien der Gattung *Eimeria* (Sporozoa: Eucoccidia) (Abb. 93).

Die an Helmintheneiern und Coccidien vorgenommene „interne“ (d.h. im Rahmen dieser Arbeit gültige) Einschätzung der Befallsstärken ist Tabelle 20 zu entnehmen.

Tab. 20: Ergebnisse der koproskopischen Flotation und Einschätzung der Befallsstärken mit Helmintheneiern und Coccidien, 35 Waldmäuse (HBF Essen: 12, Vgl-Habitate: 23). Befallsstärken: + schwach (≤ 5 Eier), ++ mittel (6-40), +++ starker Befall (> 40).

	Nematoda				Cestoda	Coccidia
	<i>A. cf. murissylvatici</i>	<i>H. polygyrus</i>	<i>S. stroma</i>	<i>T. muris</i>	<i>H. hibernia</i>	<i>Eimeria</i> spp.
Befallsstärke	Anzahl befallener Waldmäuse					
a.) alle Habitate						
gesamt	1	17	3	16	4	16
+	1	5	1	9	1	1
++	0	10	1	3	3	6
+++	0	2	1	4	0	9
b.) Vergleichshabitate						
gesamt	1	10	3	9	0	12
+	1	3	1	0	0	0
++	0	5	1	6	0	4
+++	0	2	1	3	0	8
c.) HBF Essen						
gesamt	0	7	0	7	4	4
+	0	2	0	3	1	1
++	0	5	0	3	3	2
+++	0	0	0	1	0	1

10.3.4 Makroskopische Untersuchung des Dünndarms

Im Dünndarm der Waldmäuse fanden sich folgende Helminthen: *Heligmosomoides polygyrus*, *Syphacia stroma* (beide Nematoda, $\Sigma = 3.162$ Ind.); *Paranoplocephala* sp. (Cestoda: Anoplocephalidae; Einzelfund), *Skrjabinotaenia lobata* (Cestoda: Catenotaeniidae), *Hymenolepis hibernia*, *Rodentolepis straminea* (beide Cestoda: Hymenolepididae; $\Sigma = 72$ Cestoden; Abb. 94); *Corrigia vitta* (Trematoda: Dicrocoeliidae), *Brachylaima aequans* (Trematoda: Brachylaimidae; $\Sigma = 16$ Trematoden). Demnach vermochten wir acht Helminthenarten ($\Sigma = 3.250$ Individuen) aus dem Verdauungstrakt von 65 untersuchten Waldmäusen zu isolieren, wobei die Nematodenzahl möglicherweise sogar noch etwas höher lag, da in Einzelfällen der Befall so stark war, dass sich die individuelle Erkennung und Zuordnung, zumal bei Bruchstücken, sehr schwierig gestaltete. Keine der genannten Helminthenarten (vgl. Abb. 87-92) war, sofern mehr als ein Individuum bestätigt werden konnte, auf eine der beiden Stichprobengruppen, Bahnhofsmäuse/Vergleichsmäuse, beschränkt. Die durchschnittliche Gesamtprävalenz betrug 90,8%, folgerichtig waren nicht einmal 10% der Tiere hinsichtlich der Darmparasiten negativ getestet worden. Die mittlere Gesamtabundanz des Befalls belief sich auf 50,0 (3.250 Parasiten/65 Waldmäuse), die Befallsintensitäten schwankten zwischen 0 und 571, d.h. die am stärksten befallene Waldmaus hatte weit mehr als ein halbes Tausend Helminthen im Dünndarm (sie war auf einer Grünfläche gefangen worden). In der Regel erreichte die Befallsintensität aber nicht mehr als 50 Darmwürmer, und bei immerhin sechs *Apodemus*-Exemplaren konnten wir gar keine Helminthen im Dünndarm feststellen. Rechnet man diese nicht infizierten Tiere heraus, ergibt sich die mittlere Befallsintensität der Essener Waldmäuse, und deren Wert lag, bezogen auf alle Helminthen, bei 55,1. Tabelle 21 ist eine Zusammenfassung der parasitologischen Diagnose.

Die Tabellen 22 und 23 entsprechen der vorherigen, führen jedoch die Daten für die beiden habitatbezogenen Untergruppen auf. Sie zeigen, dass Prävalenz, mittlere Abundanz und Intensität des Befalls bei Bahnhofsmäusen deutlich unter den Werten der Vergleichsmäuse lagen. Auch blieben hohe Befallsintensitäten bei den Tieren der Gleise des Hauptbahnhofs aus. Das am stärksten parasitierte Exemplar wies nur 28 intestinale Helminthen auf (Mittelwert: 10,7), bei den Vergleichsmäusen lag der Maximalwert bei 571 (Mittelwert: 64,1). Auch gab es, prozentual betrachtet, eine verschiedenartige quantitative Zusammensetzung der Helminthenfauna. War bei den Vergleichstieren *S. stroma* der prädominierende Parasit, nahm dessen Stellung bei den Bahnhofsmäusen *H. polygyrus* ein. Besonders augenfällig ist darüber hinaus eine qualitative Differenz. Während bei den Vergleichsmäusen die beiden Nematodenarten alle anderen Helminthen mengenmäßig fast bedeutungslos machten, spielten Cestoden für die Waldmäuse der Gleise eine erhebliche Rolle. *S. lobata* und *H. hibernia* stellten gemeinsam knapp ein Drittel (31,8%) der von uns gezählten Würmer aus Bahnhofsmäusen. Ein Vergleich der prozentualen Häufigkeitsverteilungsverteilung aller acht Helminthenarten ergab denn auch einen

statistisch hochsignifikanten Unterschied (Abb. 95; zur Frage, wie sich die einzelnen Helminthentaxone je Habitat quantitativ verteilen: → Kap. 10.3.5). Die Befallsprävalenzen beider Gruppen lagen in derselben Größenordnung (92,5% bzw. 83,3%; $p = 0,583$, $\chi^2 = 0,971$, $df = 1$), d.h. fast alle Waldmäuse trugen Darmparasiten. Sehr abweichend gestalteten sich dafür die mittleren Abundanzen und Intensitäten. Diese waren bei den Vergleichsmäusen sechsmal höher und auch statistisch signifikant unterschiedlich (Tab. 24). Es ist indes bei all diesen Vergleichen zu beachten, dass die Stichprobe der Gleismäuse ($n = 12$) nur gering ausfiel.

Schließlich werfen wir noch einen Blick auf die Verteilung der Helminthenbelastung in Abhängigkeit vom Wirtstiergeschlecht (Tab. 25 und 26). Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs der Bahnhofsmäuse lasse ich die weitere Aufteilung nach Habitaten hier außer Acht. Die Verteilung der Parasiten (in %) war bei beiden Geschlechtern ähnlich (*S. stroma* war mit 51,3 bzw. 64,7 % die häufigste Art, *R. straminea* und *B. aequans* fanden wir nur in den Weibchen), der Unterschied zeigte lediglich eine tendenzielle Signifikanz ($p = 0,086$, $\chi^2 = 9,343$, $df = 6$). Die Gesamtprävalenzen waren wiederum annähernd gleich (♀♀: 87,0%, ♂♂: 92,9%; $p = 0,657$, $\chi^2 = 0,618$, $df = 1$), die Höhe der Befallsrate mithin nicht vom Geschlecht abhängig. Wie sah es aber mit Befallsintensität und Befallsabundanz aus? Beide Angaben nahmen bei den Weibchen nur jeweils zwei Drittel der Werte der männlichen Waldmäuse ein – Unterschiede ohne statistische Signifikanz (Tab. 27).

Von uns wurden 35 Waldmäuse „zweigleisig“, anhand der Würmer *und* ihrer Eier, auf Helminthosen untersucht. Unter diesen Tieren waren nur (oder immerhin) zwei Exemplare ohne jedes Anzeichen einer inneren Parasitierung (incl. Coccidien). Eines davon war am Hauptbahnhof Essen gefangen worden, das andere ein Vergleichstier. Zwei weitere Vergleichsmäuse wiesen lediglich je einen Nematoden auf.

Vier der sechs im Dünndarm befallsfreien Waldmäuse (Befallsintensität [Klasse] 0, siehe Tab. 21) waren überdies auch einer perianalen und/oder koproskopischen Analyse (→ Kap. 10.2.2, 10.2.3) unterzogen worden. Es fanden sich bei ihnen keine Helmintheneier und damit also auch keine „indirekten“ Anzeichen einer Helminthose.

Tab. 21: Helminthenfauna des Dünndarms von 65 Waldmäusen aus dem Raum Essen. Beachte: Die in der Zeile „gesamt“ angegebenen Werte geben nicht in jedem Fall die Summen/Mittelwerte aus den Spalten wieder.

Helminthenart	Parasiten gesamt	%	parasitierte Waldmausind.	Prävalenz [%]	mittlere Abundanz	mittlere Intensität	Befalls- intensität (5 Klassen) alle Helminthen	Anzahl Waldmäuse (je Klasse) min.: 0 max.: 571
<i>H. polygyrus</i> (= <i>Nematospiroides p.</i>)	1.175	36,2	50	76,9	18,1	23,5		
<i>S. stroma</i>	1.987	61,1	19	29,2	30,6	104,6		
<i>H. hibernia</i>	19	0,6	4	6,2	0,3	4,8		
<i>Paranoplocephala</i> <i>sp.</i>	1	0,03	1	1,5	0,02	1,0	0	6
<i>R. straminea</i>	21	0,6	1	1,5	0,3	21,0	1-50	49
<i>S. lobata</i>	31	1,0	3	4,6	0,5	10,3	51-100	3
<i>B. aequans</i>	8	0,2	3	4,6	0,1	2,7	101-500	5
<i>C. vitta</i>	8	0,2	5	7,7	0,1	1,6	> 500	2
gesamt	3.250	100	59	90,8	50,0	55,1		65

Tab. 22: Helminthenfauna des Dünndarms von 53 Waldmäusen aus Vergleichshabitaten. Beachte: Die in der Zeile „gesamt“ angegebenen Werte geben nicht in jedem Fall die Summen/Mittelwerte aus den Spalten wieder.

Helminthenart	Parasiten gesamt	%	parasitierte Waldmausind.	Prävalenz [%]	mittlere Abundanz	mittlere Intensität	Befallsintensität (5 Klassen) alle Helminthen	Anzahl Waldmäuse (je Klasse) min.: 0 max.: 571
<i>H. polygyrus</i> (= <i>Nematospiroides p.</i>)	1.124	35,8	43	81,1	21,2	26,1		
<i>S. stroma</i>	1.966	62,6	18	34,0	37,1	109,2		
<i>H. hibernia</i>	6	0,2	1	1,9	0,1	6,0		
<i>Paranoplocephala sp.</i>	1	0,03	1	1,9	0,02	1,0	0	4
<i>R. straminea</i>	21	0,7	1	1,9	0,4	21,0	1-50	39
<i>S. lobata</i>	10	0,3	2	3,8	0,2	5,0	51-100	3
<i>B. aequans</i>	8	0,3	3	5,7	0,2	2,7	101-500	5
<i>C. vitta</i>	7	0,2	4	7,6	0,1	1,8	> 500	2
gesamt	3.143	100	49	92,5	59,3	64,1		53

Tab. 23: Helminthenfauna des Dünndarms von 12 Waldmäusen des HBF Essen. Beachte: Die in der Zeile „gesamt“ angegebenen Werte geben nicht in jedem Fall die Summen/Mittelwerte aus den Spalten wieder.

Helminthenart	Parasiten gesamt	%	parasitierte Waldmausind.	Prävalenz [%]	mittlere Abundanz	mittlere Intensität	Befallsintensität (5 Klassen) alle Helminthen	Anzahl Waldmäuse (je Klasse) min.: 0 max.: 28
<i>H. polygyrus</i> (= <i>Nematospiroides p.</i>)	51	47,7	7	58,3	4,3	7,3		
<i>S. stroma</i>	21	19,6	1	8,3	1,8	21,0		
<i>H. hibernia</i>	13	12,1	3	25,0	1,1	4,3		
<i>Paranoplocephala sp.</i>	0	0	0	0,0	0,0	-	0	2
<i>R. straminea</i>	0	0	0	0,0	0,0	-	1-50	10
<i>S. lobata</i>	21	19,6	1	8,3	1,8	21,0	51-100	-
<i>B. aequans</i>	0	0	0	0,0	0,0	-	101-500	-
<i>C. vitta</i>	1	0,9	1	8,3	0,1	1,0	> 500	-
gesamt	107	100	10	83,33	8,9	10,7		12

Tab. 24: Habitatvergleich von mittlerer Abundanz und mittlerer Intensität des Befalls mit Darmhelminthen (alle Arten) von *A. sylvaticus* aus Essen. Beachte, dass die Stichprobe (n) bei der Berechnung der Intensität, da hier nur infizierte Wirtsindividuen erfasst werden, in aller Regel geringer ausfällt als bei der Abundanz.

	Vergleichsmäuse	HBF-Mäuse	Signifikanz (MW U-Test), p
mittlere Abundanz ±Standardabw. (n)	59,3±119,9 (53)	8,9±9,2 (12)	0,022 (MW U = 184,0, Z = -2,268)
mittlere Intensität ±Standardabw. (n)	64,1±123,5 (49)	10,7±9,1 (10)	0,033 (MW U = 140,0, Z = -2,123)

Tab. 25: Helminthenfauna des Dünndarms weiblicher Waldmäuse (n = 23) aus Essen. Beachte: Die in der Zeile „gesamt“ angegebenen Werte geben nicht in jedem Fall die Summen/Mittelwerte aus den Spalten wieder.

Helminthenart	Parasiten gesamt	%	parasitierte Waldmausind.	Prävalenz [%]	mittlere Abundanz	mittlere Intensität	Befallsintensität (5 Klassen) alle Helminthen	Anzahl ♀♀ Waldmäuse (je Klasse) min.: 0 max.: 402
<i>H. polygyrus</i> (= <i>Nematospiroides p.</i>)	357	41,4	15	65,2	15,5	23,8		
<i>S. stroma</i>	443	51,3	6	26,1	19,3	73,8		
<i>H. hibernia</i>	6	0,7	1	4,3	0,3	6,0		
<i>Paranoplocephala sp.</i>	0	0	0	0,0	0,0	-	0	3
<i>R. straminea</i>	21	2,4	1	4,3	0,9	21,0	1-50	18
<i>S. lobata</i>	24	2,9	2	8,7	1,0	12,0	51-100	0
<i>B. aequans</i>	8	0,9	3	13,0	0,3	2,7	101-500	2
<i>C. vitta</i>	4	0,5	2	8,7	0,2	2,0	> 500	0
gesamt	863	100	20	87,0	37,5	43,2		23

Tab. 26: Helminthenfauna des Dünndarms männlicher Waldmäuse (n = 42) aus Essen. Beachte: Die in der Zeile „gesamt“ angegebenen Werte geben nicht in jedem Fall die Summen/Mittelwerte aus den Spalten wieder.

Helminthenart	Parasiten gesamt	%	parasitierte Waldmausind.	Prävalenz [%]	mittlere Abundanz	mittlere Intensität	Befallsintensität (5 Klassen) alle Helminthen	Anzahl ♂♂ Waldmäuse (je Klasse) min.: 0 max.: 571
<i>H. polygyrus</i> (= <i>Nematospiroides p.</i>)	818	34,3	35	83,3	19,5	23,4		
<i>S. stroma</i>	1.544	64,7	13	31,0	36,8	118,8		
<i>H. hibernia</i>	13	0,5	3	7,1	0,3	4,3		
<i>Paranoplocephala</i> sp.	1	0,04	1	2,4	0,0	1,0	0	3
<i>R. straminea</i>	0	0	0	0,0	0,0	-	1-50	31
<i>S. lobata</i>	7	0,3	1	2,4	0,2	7,0	51-100	3
<i>B. aequans</i>	0	0	0	0,0	0,0	-	101-500	3
<i>C. vitta</i>	4	0,2	3	7,1	0,1	1,3	> 500	2
gesamt	2.387	100	39	92,9	56,8	61,2		42

Tab. 27: Geschlechtsvergleich von mittlerer Abundanz und mittlerer Intensität des Befalls mit Darmhelminthen (alle Arten) von *A. sylvaticus* aus Essen.

	♀♀	♂♂	Signifikanz (MW U-Test), p
mittlere Abundanz ±Standardabw. (n)	37,5±85,7 (23)	56,8±121,5 (42)	0,650 (MW U = 449,5, Z = -0,46)
mittlere Intensität ±Standardabw. (n)	43,2±90,9 (20)	61,2±125,1 (39)	0,940 (MW U = 385,0, Z = -0,80)

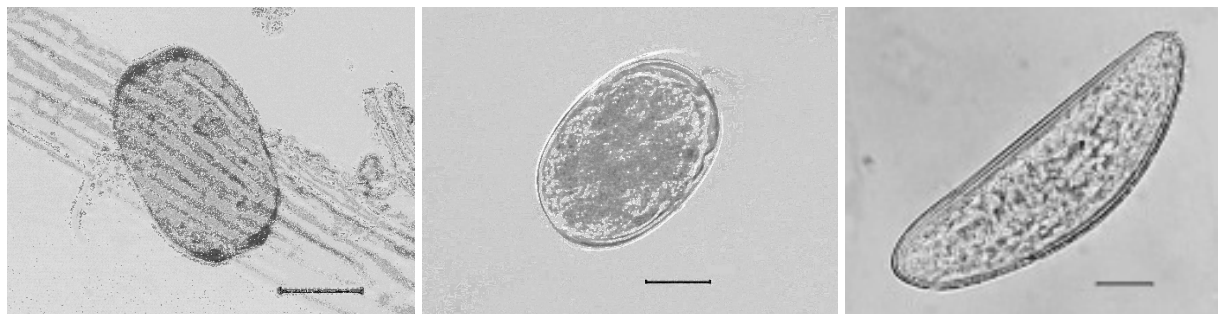


Abb. 82, 83, 84: Eier von *A. cf. murissylvatici* (links, 20 µm), *H. polygyrus* (Mitte, 20 µm) und *S. stroma* (rechts, 20 µm). (Fotos: C. Seidel & M. Schmitt)

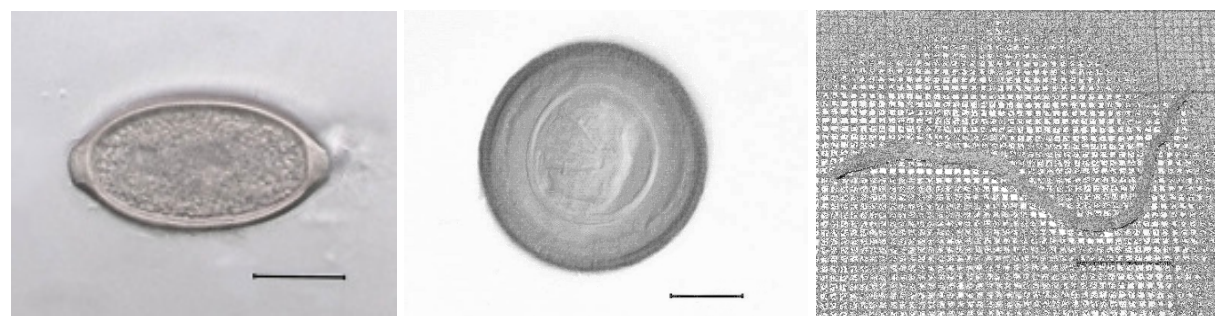


Abb. 85, 86, 87: Eier von *T. muris* (rechts, 20 µm) und dem großen Cestoden *H. hibernia* (Mitte, 20 µm). *S. lobata* (rechts, 10 mm) ist als Bandwurm (Cestoda) ein sehr großer Parasit, das abgebildete Tier war über 5 cm lang. (Fotos: C. Seidel & M. Schmitt)

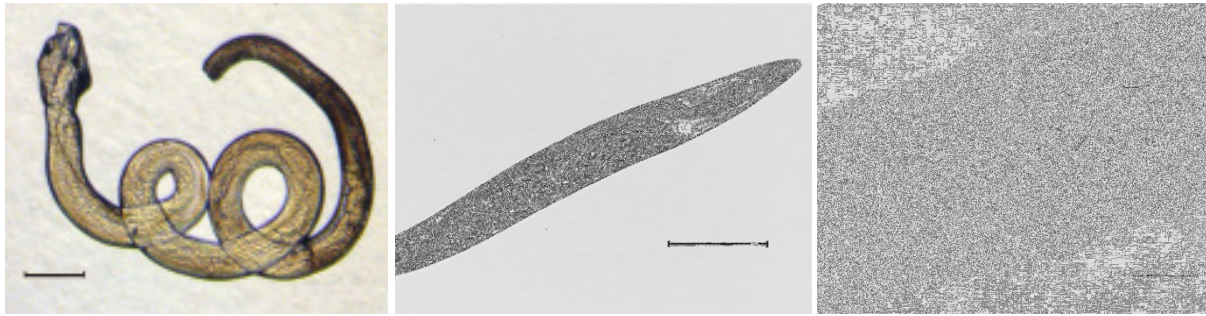


Abb. 88, 89, 90: Die Nematoden *Heligmosomoides polygyrus* (links, ♂, 200 µm) und *Syphacia stroma* (Mitte, ♀ mit Eiern, 500 µm) waren zahlenmäßig die häufigsten Makroparasiten des intestinalen Traktes unserer Waldmäuse. Das rechte Bild zeigt einen näheren Blick in den Uterus von *S. stroma* gefüllt mit den typischen halbmondförmig-ovalen Eiern (100 µm). (Fotos: C. Seidel & M. Schmitt)

10.3.5 Habitatbezogene Verteilung der Helminthengruppen

In Tabelle 28 ist die Verteilung der Darm-Helminthen, untergliedert nach Art bzw. taxonomischer Einheit, auf die beiden Lebensraumtypen der urbanen Waldmäuse aufgeführt. *Paranoplocephala* blieb als Einzelfund unberücksichtigt. Um das Missverhältnis der unterschiedlichen Stichprobengrößen ausgleichen zu können, sind die Befallswerte für beide Gruppen von mir homogenisiert worden. Dass die Fundwahrscheinlichkeiten (Prävalenzen) für jeden Helminthen als gleich und damit vom Wirtshabitat als unabhängig angesehen werden müssen, wurde hierbei vorausgesetzt.

Tab. 28: Gegenüberstellung des habitatabhängigen Vorkommens von Dünndarmhelminthen (alle vorgefundenen Individuen) urbaner Waldmäuse: Vergleichshabitate (Vgl) vs. Hauptbahnhof (HBF). Die Vergleichsdaten sind auf den Mittelwert der zwei Stichprobenumfänge ($(53+12)/2 = 32,5$) umgerechnet worden.

	<i>H. polygyrus</i>	<i>S. stroma</i>	<i>S. lobata</i>	<i>H. hibernia</i>	<i>R. straminea</i>	<i>C. vitta</i>	<i>B. aequans</i>
1) Vgl-M (n = 53)	1124	1966	10	6	21	7	8
2) HBF-M (n = 12)	51	21	21	13	0	1	0
3) Vgl-M (umgerechnet auf n = 32,5)	689	1206	6	4	13	4	5
4) HBF-M (umgerechnet auf n = 32,5)	138	57	57	35	0	3	0
Vergl. der Werte von 3) und 4), p (χ ² -Test)	< 0,001 (χ ² : 642,6, df: 1)	< 0,001 (χ ² : 1045,2, df: 1)	< 0,001 (χ ² : 41,3, df: 1)	< 0,001 (χ ² : 24,6, df: 1)	-	-	-

Als nächsten Schritt präsentiert Tabelle 29, die demselben Berechnungsprinzip wie Tabelle 28 folgt, das Resultat eines spezielleren Vergleichs: dem zwischen den Bahnhofsmäusen und jenen Artgenossen aus den nächstliegenden Vergleichslebensräumen. Diese befanden sich ca. 100 m östlich des Hauptbahnhofs auf dem gemeinsamen Gelände von Gleisarbeiterbaracken und Stellwerk sowie 400 m westlich des Bahnhofs, jeweils 10-30 m neben den Gleistrassen auf vergrasteten und verbuschten Ruderalflächen. Beide Tabellen verdeutlichen die unterschiedliche „Qualität“ des Befalls. Kurz gesagt: die Vergleichsmäuse

lagen bei den Nematoden vorne, die Tiere des Bahnhofs bei den Bandwürmern, von *R. straminea* abgesehen.

Tab. 29: Vergleich des habitatabhängigen Vorkommens urbaner Waldmäuse; Vergleichsmäuse (Vgl-M) hier nur von den bahnhofsnahe Fangorten Stellwerk und Hachestraße (Distanz zum HBF: 100 bzw. 400 m). Die in den Vergleich einbezogenen Daten sind auf den Mittelwert der zwei Stichprobenumfänge $([18+12]/2 = 15)$ umgerechnet worden.

	<i>H. polygyrus</i>	<i>S. stroma</i>	<i>S. lobata</i>	<i>H. hibernia</i>	<i>R. straminea</i>	<i>C. vitta</i>	<i>B. aequans</i>
1) Vgl-M (n = 18)	198	294	7	6	21	3	0
2) HBF-M (n = 12)	51	21	21	13	0	1	0
3) Vgl-M (umgerechnet auf n = 15)	165	245	6	5	18	3	0
4) HBF-M (umgerechnet auf n = 15)	64	26	26	16	0	1	0
Vergl. der Werte von 3) und 4), p (χ^2 -Test)	< 0,001 (χ^2 : 44,6, df: 1)	< 0,001 (χ^2 : 177,0, df: 1)	0,001 (χ^2 : 12,5, df: 1)	0,027 (χ^2 : 5,8, df: 1)	-	-	-

Abschließend werden nachfolgend noch kurz die Befunde aus dem Teil der Studie präsentiert, der sich auf die „alten“ Sammlungsexemplare stützte. Demnach waren von 20 Vergleichsmäusen nur 2 (10%), von den 35 Bahnhofsmausen aber 13 (37%) mit Bandwürmern infiziert (stets *H. hibernia*). Dieser Verteilungsunterschied bestand statistisch besehen nur tendenziell ($p = 0,057$, $\chi^2 = 4,727$, $df = 1$).

10.3.6 Zum Zusammenhang von Befallsintensität und Gewicht

Das durchschnittliche Gewicht aller 65 parasitologisch untersuchten Waldmäuse aus Essen pro Zentimeter der Körperlänge ($Q_{G/KL}$) betrug $2,4 \pm 0,34$ g (Spanne: 1,7-3,1 g), die mittlere Abundanz aller Helminthen lag bei 50 Würmern/Waldmaus (Spanne: 0-571). Ich habe die diesen Mittelwerten zugrunde liegenden einzelnen Daten miteinander korreliert, woraus sich ein Koeffizient von $r = 0,128$ ($p = 0,310$, Spearman-Korr.) ergab. Das bedeutet: Es sind die am stärksten befallenen Waldmäuse (jene mit der höchsten parasitären Intensität) nicht auch die leichtesten (schwächsten). Doch ist diese Aussage etwas ungenau.

Mit Nematoden waren 52 Waldmäuse befallen, hingegen nur neun bzw. acht mit Cestoden bzw. Trematoden. Acht Waldmäuse wiesen eine Parasitierung mit mindestens zwei der drei vorgefundenen Helminthenarten auf. Das Herausfiltern monospezifisch befallener Wirtsmäuse hätte für Cestoden und Trematoden daher nur sehr kleine Teilstichproben ergeben ($n < 8$), so dass diese artbezogene Korrelation problematisch gewesen wäre. Weil die Cestoden, v.a. *Hymenolepis hibernia*, aber sehr groß werden (mehrere Zentimeter lang, einige Millimeter dick) und damit auch ihre Eigenschaft als Stressoren hervorstechend sein dürfte, habe ich jene neun Mäuse, die unter anderem mit Bandwürmern befallen waren und bei denen gleichzeitig die Befallsintensität mit Nematoden

bzw. Trematoden nicht über 25 bzw. zwei lag, nochmals gesondert berücksichtigt und die Werte korreliert (nach Pearson, da Daten nunmehr normalverteilt). Daten und Ergebnis zeigt Tabelle 30. Zu beachten ist, dass im Gegensatz zur eingangs genannten Korrelation nicht

Tab. 30: Zusammenhang von Cestodenbefall und Gewicht (in g je cm der Körperlänge: $Q_{G/KL}$) von neun Waldmäusen. Die Anzahl der Nematoden/Trematoden lag bei keiner Maus über 25/2.

Habitat	$Q_{G/KL}$ [g/cm]	Cestodenanzahl (Intensität)
Grünflächen	2,47	21
Grünflächen	2,56	1
Grünflächen	2,29	7
Grünflächen	2,03	6
Grünflächen	2,46	3
HBF	2,45	21
HBF	3,06	1
HBF	2,83	11
HBF	2,96	1
PEARSON-Korrelation	$r = -0,298, p = 0,443$	

mehr die Abundanz des Befalls (also auch Nullwerte) mit dem Zentimetergewicht korreliert wurde, sondern dessen Intensität (nur positiv getestete Tiere, in Bezug auf Cestoda also neun Mäuse). Die Aussage bleibt aber die gleiche wie zu Beginn dieses Abschnittes: Ich fand keine Indizien dafür, dass die vorgefundene Parasitierung negative Auswirkungen auf die Konstitution der Waldmäuse, abgelesen am Gewicht, gehabt hätte. Wir wissen indes aus einer „Nebenstudie“ um die unmittelbaren

morphologischen Konsequenzen, welche die Präsenz großer intestinaler Parasiten auf das resorbierende Gewebe der Dünndarmoberfläche haben kann. Die elektronenmikroskopischen Abbildungen 104 und 105 zeigen eine deutliche, sehr wahrscheinlich auf Cestodenbefall zurückzuführende Veränderung der Darmzotten bei *A. sylvaticus*.

10.3.7 Gesamtschau: Parasitenfunde bei *A. sylvaticus* aus Essen

Tabelle 31 listet alle von der Gleismaus AG an und in den Essener Waldmäusen vorgefundenen Ekto- und Endoparasiten nach Taxon geordnet noch einmal auf.

Tab. 31: Mengenangaben (Ind.) der an maximal 65 untersuchten Waldmäusen gefundenen Schmarotzer. Für Eier und Coccidien liegen keine Zahlenwerte vor. Zahlen in Klammern: Stichprobenumfang der Wirtstiere bzw. Anzahl infizierter Individuen/Stichprobenumfang; x = vorhanden.

Methoden: ¹ grobe Fellabsuchung, ² Klebestreifenmethode, ³ Flotationsmethode, ⁴ Darmuntersuchung.

Taxon	gesamt	Vgl-Mäuse	HBF-Mäuse	Weibchen	Männchen
EKTOPARASITEN					
Arachnida: Acari					
Laelapidae ¹	25 (65)	23 (53)	2 (12)	-	-
Laelapidae ²	18 (65)	18 (53)	0 (12)		
Listrophoridae (<i>Listrophorus</i> sp.?) ²	49 (65)	49 (53)	0 (12)	-	-

Tab. 31 (Fortsetzung)

Taxon	gesamt	Vgl-Mäuse	HBF-Mäuse	Weibchen	Männchen
EKTOPARASITEN					
Insecta					
Phthiraptera, Anoplura: <i>Polyplax</i> sp. ²	4 (65)	4 (53)	0 (12)	-	-
Siphonaptera ¹	26 (65)	24 (53)	2 (12)	-	-
<i>Ctenophthalmus</i> sp.	21 (65)	19 (53)	2 (12)	-	-
<i>Nosopsyllus</i> sp.	3 (65)	3 (53)	-	-	-
<i>Typhloceras</i> sp.	2 (65)	2 (53)	-	-	-
ENDOPARASITEN					
Coccidia					
<i>Eimeria</i> sp. ³	x (16/35)	x (12/23)	x (4/12)	-	-
Nematoda					
<i>A. murissylvatici</i> (Wurm) ³	1 (1/35)	1 (1/23)	0 (0/12)	-	-
<i>A. murissylvatici</i> (Eier) ³	x (1/35)	x (1/23)	0 (0/12)		
<i>H. polygyrus</i> (Wurm) ⁴	1.175 (50/65)	1.124 (43/53)	51 (7/12)	357	818
<i>H. polygyrus</i> (Eier) ³	x (17/35)	x (10/23)	x (7/12)	-	-
<i>S. stroma</i> (Wurm) ⁴	1.987 (19/65)	1.966 (18/53)	21 (1/12)	443	1.544
<i>S. stroma</i> (Wurm) ²	1 (1/35)	1 (1/23)	0 (0/12)	-	-
<i>S. stroma</i> (Wurm) ³	5 (5/35)	5 (5/23)	0 (0/12)	-	-
<i>S. stroma</i> (Eier) ²	x (13/62)	x (13/50)	0 (0/12)	-	-
<i>S. stroma</i> (Eier) ³	x (3/35)	x (2/23)	x (1/12)	-	-
<i>Syphacia</i> sp. (Wurm) ³	2 (1/35)	2 (1/23)	0 (0/12)	-	-
<i>T. muris</i> (Eier) ³	x (16/35)	x (9/23)	x (7/12)	-	-
Cestoda					
<i>Paranoplocephala</i> sp. (Wurm) ⁴	1 (1/65)	1 (1/53)	0 (0/12)	0	1
<i>S. lobata</i> (Wurm) ⁴	31 (3/65)	10 (2/53)	21 (1/12)	24	7
<i>H. hibernia</i> (Wurm) ⁴	19 (4/65)	6 (1/53)	13 (3/12)	6	13
<i>R. straminea</i> (Wurm) ⁴	21 (1/65)	21 (1/53)	0 (0/12)	21	0
Cestoden-Eier (cf. <i>H. hibernia</i>) ³	x (4/35)	0 (0/23)	x (4/12)	-	-
Trematoda					
<i>C. vitta</i> (Wurm) ⁴	8 (5/65)	7 (4/53)	1 (1/12)	4	4
<i>B. aequans</i> (Wurm) ⁴	8 (3/65)	8 (3/53)	0 (0/12)	8	0

10.3.8 Hämatologische Befunde

Leider versagte die technische Analyse bei einer Bahnhofsmouse und, während der Granulozytenbestimmung, bei zwei Vergleichsmäusen, so dass sich die ohnehin kleinen Stichproben weiter reduzierten.

Alle neun verbliebenen Bahnhofsmäuse wiesen für Gesamtleukozyten, Granulozyten und Eosinophile signifikant höhere Werte auf als die zehn bis zwölf Vergleichstiere aus den naturnäheren Habitaten (Tab. 32). Bei den Bahnhofsmäusen lag die Menge der Leukozyten und der Prozentanteil der Eosinophilen um den Faktor 2,2 und die Zahl der Granulozyten um den Faktor 3,1 über den entsprechenden Werten der Vergleichsmäuse. Daraus muss man auf ein bei den Bahnhofsmäusen besonders aktives Immunsystem schließen. Die Differenzen befanden sich statistisch oberhalb der Signifikanzschwelle ($p < 0,05$, T-Test). Das Blutbild wurde vor der intestinalen Begutachtung erstellt, so dass über die helminthäre

Belastung zu diesem Zeitpunkt keine Kenntnisse vorlagen. Die anschließende Inspizierung der Dünndärme legte offen, dass die mittlere Abundanz intestinaler Helminthen bei den Vergleichstieren jene der Bahnhofsmäuse um das doppelte übertraf. Statistisch gesehen war diese Differenz aber nur tendenziell signifikant ($p = 0,083$, T-Test; Tab. 32). In beiden Stichprobengruppen waren die gemäß unserer Nachweisgrenzen als nicht mit Helminthen parasitiert erkannten Individuen in ähnlich deutlicher Minderzahl (HBF: 2 von 9, = 22%; Vgl-Habitate: 3 von 12, = 25%), so dass die Resultate vergleichbar bleiben. Im Übrigen prägten die Nematoden die Helminthenfauna der Stichproben (Vergleichsmäuse: 210 Ind., Bahnhofsmäuse: 66 Ind.). Lediglich 3 Cestoden (Vgl-M: 1, HBF-M: 2) und 4 Trematoden (Vgl-M: 3, HBF-M:1) wurden gefunden. Eine weitere Aufspaltung der Analyse in Parasitentaxone erschien darum nicht sinnvoll.

Tab. 32: Immunologisches Blutbild von *A. sylvaticus* aus zwei Lebensräumen in Essen.

	Vergleichshabitate		HBF Essen		Vergleich 1) vs. 3) (T-Test)
	1) Mittlere Messwerte	2) n (davon parasitiert)	3) Mittlere Messwerte	4) n (davon parasitiert)	
Leukozyten je mm ³	4.833,3±4.354,8	12 (9)	10.455,6±6.906,7	9 (7)	0,034 (T: -2,288, df: 19)
Granulozyten je mm ³	1.282,3±762,9	10 (9)	3.911,1±2.794,4	9 (7)	0,011 (T: -2,867, df: 17)
Eosinophile Granulozyten in %	3,5±4,3	12 (9)	7,7±4,6	9 (7)	0,044 (T: -2,160, df: 19)
Mittlere Helminthen- Abundanz	17,8±14,3		7,7±9,7		0,083 (T: 1,833, df: 19)

Eine Korrelierung (n. Pearson) der einzelnen Blutwerte mit den uns vorliegenden Werten des helminthären Befalls je Waldmaus, wiederum Nematoden, Cestoden und Trematoden kombiniert, ergab keine auffälligen Zusammenhänge (Tab. 33).

Tab. 33: Pearson-Korrelationen von Blutwerten und Befallsabundanz (alle Helminthen) von Waldmäusen aus urbanen Habitaten Essens (in Klammern: Anzahl der Wertepaare).

Pearson-Korrelationen	Vergleichshabitate	HBF Essen
Leukozyten zu Befall	$r = -0,166$, $p = 0,606$, (12)	$r = -0,324$, $p = 0,395$, (9)
Granulozyten zu Befall	$r = 0,110$, $p = 0,762$, (10)	$r = -0,102$, $p = 0,793$, (9)
Eosinophile zu Befall	$r = 0,091$, $p = 0,778$, (12)	$r = 0,218$, $p = 0,574$, (9)

Aus prozessualen Gründen (parallele Forschungsansätze) gingen jene Vergleichsmäuse, deren hämatologische Werte gewonnen wurden, größtenteils nicht in die koproskopische Studie ein, weshalb weitere Prüfungen, etwa zum möglichen Zusammenhang zwischen Coccidiose und Immunwerten, nolens volens unterblieben.

10.4 Diskussion

Sowohl am Bahnhof als auch in den Vergleichshabitaten bestätigten wir intestinale Parasiten der Taxa Nematoda, Trematoda, Cestoda und Sporozoa bei den Waldmäusen Essens. Außerdem fanden wir die typischen Ektoparasiten der Siphonaptera, Phthiraptera (Insecta) und Acari (Arachnida). Unsere Befunde decken sich im Grundsatz durchaus mit den Angaben aus Publikationen zum Beispiel von MEMARAN (1970), TENORA (2004) oder KLIMPEL et al. (2007).

10.4.1 Helminthenfauna

Die von mir diagnostizierten Arten und höheren Taxa finden sich fast alle in den Tabellen 17-19 wieder. Doch gibt es einige interessante Ergänzungen. So ist der Bandwurm *Hymenolepis hibernia*, prävalent vorrangig in den Bahnhofsmäusen, aus West- und Mitteleuropa zwar bekannt, nach Einschätzung TENORAS (pers. Mitt.) bislang aber noch nicht für Deutschland bestätigt worden. Dieser große Cestode war nicht nur ein bemerkenswerter Fund aus der parasitologischen Hauptstudie an frischtoten Waldmausexemplaren (des



Abb. 91: *Brachylaima aequans*. Oraler und ventraler Saugnapf dieses digenen Trematoden sind deutlich zu sehen. (Foto: C. Seidel & M. Schmitt)

Jahres 2005); er konnte auch in den älteren Sammlungsexemplaren der Jahre zuvor (ab 2001) bestätigt werden. Die Art, deren Determination sich nach Angaben TENORAS (2004) diffizil gestaltet, so dass es in manchen Studien schon zu Fehlbestimmungen gekommen sei, darf am HBF Essen als etabliert gelten. *Brachylaima aequans* (Abb. 91) ist ebenfalls in der mir vorliegenden Literatur bislang noch nicht als Waldmausparasit präsentiert worden, es handelt sich also zumindest um einen seltenen Fund. Ähnlich liegt der Fall in Bezug auf das

Einzelexemplar von *Paranoplocephala*; *P. macrocephala* wird nur von TENORA (2004) für Tschechien genannt. Überraschend späte lokale Erstbeobachtungen längst bekannter Helminthen kommen allerdings immer wieder vor, wie das Beispiel *Plagiorchis muris* zeigt, eines digenen, weit verbreiteten Trematoden (vgl. Tab. 19), dessen Erstdnachweis für England aber erst in jüngster Zeit gelang – im Dünndarm von *A. sylvaticus* (ROGAN et al. 2007).

Ganz allgemein stechen aus meiner Studie die geringen Prävalenzen fast aller wurmförmigen Darmparasiten hervor (Tab. 21). Sie lagen, lässt man die Nematoden beiseite, alle unter 8%, es waren also jeweils nur wenige von insgesamt 65 Waldmausindividuen befallen. So ist etwa *R. straminea*, ein „üblicher“ Cestode süd- und

mitteleuropäischer Waldmäuse (Tab. 17), lediglich in einem einzigen unserer Tiere, keiner Bahnhofsmaus, aufgespürt worden, dann aber in großer Zahl ($n = 21$). Die höchsten Prävalenzen zeigten die beiden Nematoden *H. polygyrus* und *S. stroma*, und ebenso erreichten ihre mittleren Intensitäten Maxima (23,5/104,6), was freilich nicht Wunder nimmt, handelt es sich doch um die kleinsten der darmparasitierenden Helminthen. Im Vergleich zu ihnen sind im Grunde alle anderen Arten, vor allem die Trematoden, als accessorisch zu bewerten. Aus den Arbeiten von, zum Beispiel, BEHNKE et al. (1999) und ABU-MADI et al. (2000), beide aus England, sowie EIRA et al. (2006), Portugal, gehen im Übrigen gleichfalls *H. polygyrus* und *S. stroma* als die intestinalen Schmarotzer von *A. sylvaticus* mit den höchsten Prävalenzen hervor.

In einer der unseren nicht unähnlichen Untersuchung fanden KLIMPEL et al. (2007) bei Waldmäusen aus der Nähe Düsseldorfs (Dormagen, linker Niederrhein) insgesamt 18 Ecto- und Endoparasitenarten. Es waren dieselben Taxa wie bei uns (Cestoda, Nematoda, Trematoda: Digenea, Insecta, Arachnida), von den Coccidien abgesehen, da die koproskopische Flotation unterblieb. Prädominierender Endoparasit war der Fadenwurm *Pelodera strongyloides*, der in Essen nicht bestätigt werden konnte, mit einer mittleren Intensität (mIn) von 289,9, gefolgt von den inzwischen (auch aus Tabelle 21 ff.) bekannten Arten *S. stroma* (Art unsicher, von KLIMPEL und Mitarbeiteren aber vermutet; mIn = 107,1, beachte die auffällige Entsprechung zum „Essener Wert“ 104,6) und *H. polygyrus* (mIn = 24,7). Lediglich drei Helminthenarten, neben den beiden genannten noch *C. vitta* (Abb. 92), sind beiden Studien gemeinsam und somit aus Essen und dem etwa 50 km westlich gelegenen linksrheinischen Dormagen dokumentiert. Im Übrigen wiesen KLIMPEL et al. sieben Helminthenarten nach, die aus



Abb. 92: Zwei Trematoden konnten im Dünndarm der Waldmaus aus Essen bestätigt werden; einer davon war *Corrigia vitta* (Messbalken: 500 μ m).
(Foto: C. Seidel & M. Schmitt)

unserem Monitoring nicht hervorgingen, wohingegen wir fünf „exklusive“ Spezies erfassten, nämlich sämtliche vier Cestoden und *B. aequans*. Die Bandwurmfaua der Essener Waldmäuse war ohnehin diverser als die der Dormagener (Artenverhältnis 4:2). Für die Fadenwürmer gilt die umgekehrte Aussage (2:7), bei den Saugwürmern herrschte Gleichstand (2:2). Es kann indes nicht ausgeschlossen werden, dass wir einzelne Fadenwurmindividuen (Arten?) übersehen haben. Treten Nematoden in geringer Intensität auf, ist die Gefahr einer falsch negativen Diagnose relativ hoch. Wie sehr freilich die Parasitierung in verschiedenen Wirtspopulationen derselben Art schwanken kann, offenbart ein Blick in die Langzeitstudie (13 Jahre!) von ROGAN et al. (2007): In der untersuchten Waldmauspopulation Nordenglands fanden sich in fast 250 Mäusen lediglich drei Nematodenspezies, ein digener Trematode und keine einzige Cestodenart (obwohl

Bandwürmer natürlich auch in England gewöhnliche Parasiten von *A. sylvaticus* sind, vgl. Tab. 17). Indes, die Fangserien erfolgten rhythmisch, jeweils im September, und aus diesem Grunde ist es nicht auszuschließen, dass dieses gleichbleibende Zeitfenster ungeeignet war, das ganze Spektrum der residenten Helminthenarten zu erfassen. Denn auch viele (Endo-)Parasiten sind in Auftreten und Besiedlungsdichte phasisch an die Jahreszeiten bzw. die Phänologie ihrer Wirtsorganismen gebunden (MURÚA 1978, TENORA et al. 1979, MONTGOMERY & MONTGOMERY 1988). MILAZZO et al. (2005) fingen *A. sylvaticus* in verschiedenen naturnahen Landschaften Kalabriens über mehrere Jahre und alle Jahreszeiten. Anhand dessen lässt sich ein vollständiges Bild zeichnen. Bemerkenswert ist zunächst der allgemeine Befund, dass von insgesamt fast 700 Waldmäusen nicht einmal die Hälfte überhaupt intestinalen Helminthenbefall (Adulti und Larvae) aufwies ($P = 44,6\%$, meine Studie: $90,8\%$, vgl. Tab. 21). Vierzehn Arten waren präsent: ein Trematode (*C. vitta*), vier Cestoden (u.a. *Hymenolepis* sp., *R. straminea*) und neun Nematoden (darunter auch *S. stroma*, *H. polygyrus*), zu welcher letzteren allerdings zwei Magenparasiten zählten. Nimmt man die kleine, hier vorgebrachte Auswahl an Publikationen von KLIMPEL et al. (2007) und MILAZZO et al. (2005) zum Maßstab, nicht aber die von ROGAN et al. (2007), dann scheinen die parasitischen Darmnematoden in meiner Untersuchung speziesbezogen unterrepräsentiert. Hierfür kann, von natürlichen Ursachen abgesehen, auch die verhältnismäßige geringe Gesamtstichprobe verantwortlich sein, weniger das Zeitfenster unserer Fangaktionen von Frühjahr bis zum Hochsommer. Denn gemäß MURÚA (1978) ist diese Periode die mit den höchsten Prävalenzen und Intensitäten darmbesiedelnder Helminthen der Waldmaus.

Oft wird angegeben, männliche Wirbeltiere seien regelmäßig stärker parasitiert (höhere Prävalenz und Intensität) als die Weibchen. KLEIN (2004) führt diese Heterogenität nach umfangreicher Literaturlauswertung auf die unterschiedlichen Effekte von Sexualhormonen zurück. Die Autorin bemerkt, es gebe direkte Verbindungen zwischen dem endokrinen System und dem Immunsystem, und Immunzellen, darunter Granulozyten, wiesen Rezeptoren für Sexualhormone auf, zum Beispiel Testosteron. Im Falle von *Apodemus* liegen Ergebnisse vor, welche die in Rede stehende Geschlechtsspezifität stützen, beispielsweise von HEALING & NOWELL (1985), DIAZ & ALONSO (2003), FERRARI et al. (2004) oder MILAZZO et al. (2005). SCHALK & FORBES (1997) konstatieren, Östrogene stimulierten das Immunsystem, Androgene dagegen supprimierten es. Das gleiche Autorenpaar schränkt allerdings ein, nicht immer hielten die gemessenen, disparitätischen Parasitierungsgrade einer statistischen Überprüfung stand, die Unterschiede seien oft nur gering. Studien, die keine oder allenfalls marginale quantitative Abweichungen zwischen den Wirtstiergeschlechtern dokumentieren, wenn es um den Befall mit Helminthen geht, sind neben anderen jene von WIGER (1979) oder ROGAN et al. (2007). Und unter diese kann sich nun auch meine Arbeit reihen, zumindest nach der Signifikanzanalyse. Zwar lagen die diversen Befallsparameter der Männchen immer über jenen der Weibchen, jedoch waren die Verteilungsunterschiede bezogen auf alle acht in den Tabellen 25 und 26 gelisteten

Helminthen letztlich nur tendenziell signifikant, die Gesamtprävalenzen nicht signifikant. Auch die sexspezifischen Werte von mittlerer Abundanz und Intensität wiesen keine statistisch abgesicherte Diskrepanz auf (Tab. 27).

10.4.2 Ektoparasiten

In Übereinstimmung mit unseren Ergebnissen beherbergte *A. sylvaticus* am Niederrhein gemäß KLIMPEL et al. (2007) Flöhe der Gattungen *Ctenophthalmus*, *Typhloceras*, *Nosopsyllus* sowie Milben der Familie Laelapidae (Abb. 79-81). Eine überschaubare Artenvielfalt von Siphonapteren (1-5) scheint für Muriden-Populationen typisch (BIOCCA & COSTANTINI 1975, STANKO et al. 2002, MILAZZO et al. 2003). Interessanterweise liegen die von KLIMPEL et al. (2007) angegebenen Prävalenzen (P) und mittleren Intensitäten (mIn) der Ektoparasiten mit, je nach Art, 3,0 bis 54,6 % (P) respektive 1,0 bis 3,3 (mIn) nahe bei unseren Werten, obwohl KLIMPEL und seine Kollegen die Mäuse gezielter nach Arthropoden absuchten. Larven des Holzbocks *Ixodes ricinus* zeigten danach die höchste gemessene mittlere Befallsintensität (mIn = 3,3), der am stärksten verbreitete Außenschmarotzer war der Floh *Ctenophthalmus agyrtus* (P = 54,6%). Diese Art dominierte übrigens auch in einer Arbeit von STANKO et al. (2002) über Waldmäuse in Südosteuropa (Slowenien), während HANNEMANN (1994) *A. sylvaticus* als zentralen Wirt von *Nosopsyllus* angibt.

Die der Arbeit von KLIMPEL et al. (2007) entsprechenden (siehe oben), indes zusammengefassten Werte über alle Flöhe und Milben, die wir direkt dem Fell der Essener Waldmäuse entnahmen, betragen 36,9% (P) bzw. 2,1 (mIn) (→ Kap. 10.3.1). Wenngleich diese unsere Werte auf kombinierten Grunddaten beruhen, so stimmt die Größenordnung, wie bereits gesagt, doch mit der von KLIMPEL und seinen Mitarbeitern überein. Umso erstaunlicher, dass an allen zwölf Gleismäusen lediglich zwei Flohindividuen (*Ctenophthalmus* sp.) gefunden wurden. Weitere Milben (wahrscheinlich *Laelaps* und *Listrophorus*) fanden wir außerdem durch Gebrauch der Klebestreifenmethode im perianalen Bereich, und überhaupt erst damit gingen uns Tierläuse (*Polyplax*) gleichsam „auf den Leim“. Diese Methode hat ihren Wert mithin nicht nur bei der Erfassung von Parasiteneiern. Hämatophage Milben der Familie Laelapidae, wie von KLIMPEL et al. (2007) und uns an *A. sylvaticus* gefunden (Abb. 79), kommen in mehreren Arten der Gattung *Laelaps* (*Hyperlaelaps*, *Eulaelaps*) häufig auf Waldmäusen vor (KORNEEV 2003). Die Listrophoridae mit ihrem charakteristischen, elongierten Körperbau (Abb. 78) ernähren sich dagegen von Talg und epidermalen Hautschuppen (BAUER & WHITAKER 1981).

Zu den Ektoparasiten kann festgehalten werden, dass die im Zuge dieser Arbeit erhaltenen Ergebnisse einen Einblick in das Artenspektrum der an *A. sylvaticus* schmarotzenden Arthropoden geben. Vollständig wird die Liste nicht sein, die Gründe dafür sind bereits genannt worden. So ist etwa das vollständige Fehlen von Zecken in meinen Listen bemerkenswert, eingedenk der Tatsache, dass Larven von *I. ricinus* in den

Erhebungen von KLIMPEL et al. (2007) eine bedeutende Rolle spielten. Ihre Absenz bei den Bahnhofsmäusen lässt sich leicht erklären, da dieser Lebensraum wahrscheinlich zu trocken für den ein humides Klima benötigenden Holzbock aufweist. Auf die Vergleichslebensräume trifft dies nicht zu, möglicherweise sind aber innerstädtische Biotope grundsätzlich kein optimales Reservoir für Zecken (auch meine Mitarbeiter und ich blieben unbehelligt).

10.4.3 Habitatunterschiede

Wendet man sich den Differenzen zwischen den von uns in die Betrachtung einbezogenen Lebensräumen zu, dann lässt sich zunächst mit Hilfe der koproskopischen Untersuchung feststellen, dass die höheren Befallsraten (> 40 Eier) bei den Vergleichsmäusen auftraten (Tab. 20). Auch sind bereits qualitative Befallsabweichungen zu erkennen, so traten Eier von *S. stroma* nur bei Vergleichsmäusen, solche von Cestoden (alle als von *H. hibernia* stammend erkannt) nur bei Bahnhofsmäusen auf. Beim Blick in die Tabellen 29 und 30, die den Wurmbefall widerspiegeln, findet die Flotation eine deutliche Entsprechung. *S. stroma* war bei den Vergleichsmäusen häufig, am Bahnhof aber selten. Hinsichtlich des Bandwurms *H. hibernia* bot sich in Kongruenz mit den Resultaten der Eifunde aus den Faezes das umgekehrte Bild. Ein anderer Cestode, *R. straminea*, konnte wiederum nur in den Waldmäusen außerhalb des Hauptbahnhofs bestätigt werden – allerdings nur in einer einzigen von immerhin 53 Mäusen (Tab. 22). Nicht zuletzt der relativ geringen Stichproben wegen, besitzen daher manche der von uns entdeckten Helminthenarten den Charakter von „Einzelfunden“, denn bis auf die Nematoden waren alle Prävalenzen gering und lagen unter 10% (Ausnahme: *H. hibernia* aus HBF-Mäusen, P = 25%; Tab. 22, 23). Insbesondere die Anzahl der Bahnhofsmäuse war mit zwölf Tieren, darunter zwei ohne Helminthen im Intestinum tenue, gering. Kleine Stichproben tragen die Gefahr in sich, die „wahre“ parasitäre Infektionsrate innerhalb einer Wirtspopulation zu unterschätzen (GREGORY 1992). Die von mir präsentierten Resultate bedürfen also einer vorsichtigen Gewichtung und es bräuchte anschließende, ergänzende Studien, um die hier vorgenommene Wertung zu stabilisieren, wonach sich die qualitative, prozentuale Parasitierung der beiden betrachteten Lebensräume – HBF vs. Grünflächen – in markanter Weise (hochsignifikant) unterscheidet (Abb. 95) und der quantitative Befall (mittlere Abundanz, mittlere Intensität) der Vergleichsmäuse signifikant über jenem der HBF-Mäuse liegt (Tab. 24). Auch der mit angepassten Werten (standardisiertes „n“ der Wirtsindividuen: 32,5) umgesetzte, habitatbezogene Mengenvergleich je Helminthenart markiert den evidenten Kontrast zwischen beiden Darmparasitenfaunen (Tab. 28), die am Bahnhof von Cestoden, in den städtischen

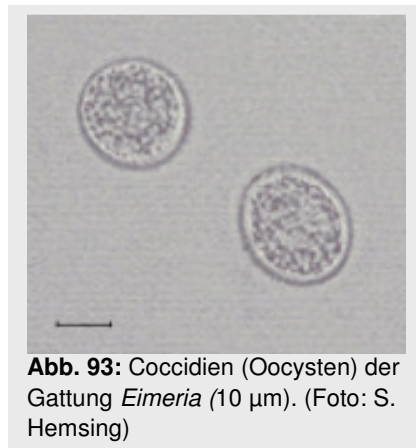


Abb. 93: Coccidien (Oocysten) der Gattung *Eimeria* (10 µm). (Foto: S. Hemsing)

Grünflächen dagegen von Nematoden geprägt waren. Dieser Kontrast blieb interessanterweise auch dann bestehen, wenn die Gleismäuse mit Artgenossen verglichen wurden, die von direkt anschließenden, „grünen“ Fallenstandorten stammten (Tab. 29) und damit aus Gebieten, die einen bidirektionalen, individuellen Austausch dispergierender Waldmäuse zulassen müssten.

Worauf könnte die geringere helminthäre Belastung der Bahnhofsmäuse zurückzuführen sein? Meine ursprüngliche Hypothese, die Gleismäuse seien als Folge des „lauten“ Zugverkehrs höherem Stress ausgesetzt, wurde bereits durch die Lärmstudie (→ Kap. 5.2) in Zweifel gezogen. Zum Beispiel berichten ESCH et al. (1975), Stress beeinträchtigt die Homöostase und fördere dadurch – im Grunde der Effekt einer Rückkopplung oder Selbstbeschleunigung – die Parasitierung. Dieser Aussage folgend, erhält der erwähnte Zweifel mithin neue Nahrung. Offensichtlich lebt die Waldmaus am Hauptbahnhof von Essen vergleichsweise stressfrei (gemeint ist dabei negativer Stress = Disstress, vgl. MOBERG 2000).

MURÚA (1978) teilt die wurmförmigen Parasiten des gastrointestinalen Traktes unter Berücksichtigung ihrer Biologie (Lebenszyklus) neben anderen in folgende Gruppen ein: (1) Geohelminthen mit auf dem Boden bzw. in der Bodenstreu lebenden Larven (viele



Abb. 94: Eröffneter Dünndarm (Jejunum) einer Waldmaus mit Bandwürmern. (Foto: C. Seidel)

Nematoden, z.B. *H. polygyrus*); (2) Ageohelminthen, deren Eier am Endwirt oder in dessen Nest verbleiben (z.B. *S. stroma*); (3) Biohelminthen (v.a. Trematoda und Cestoda wie *H. hibernia*), deren reguläre Ontogenese mitunter mehrere Wirtswechsel notwendig macht, wobei als Zwischenwirte häufig invertebrate Tiere fungieren (Trematoda: in der Regel aquatische Schnecken und Wasserinsektenlarven, ROGAN et al. 2007; Cestoda: oft Arthropoden, vgl. FLYNN 1973; Acanthocephala: häufig aquatische Arthropoden, SURES & STREIT 2001). Da die Boden- und Streubildung an einem Bahnhof behindert wird und sich dadurch wie auch aufgrund mangelnder Beschattung die Oberflächenabtrocknung sehr schnell

vollzieht, dürften Geohelminthen am HBF Essen allenfalls stellenweise optimale Lebensbedingungen vorfinden. Ähnliches ist bezüglich der Zwischenwirte vieler Trematoden zu erwarten. Anders dagegen sind die ökologischen Faktoren für Arthropoden, Zwischenwirte vieler Bandwürmer, einzuschätzen. Hinzu kommt die nahrungsökologische Komponente. Wahrscheinlich spielen Insekten und ähnliche Gliedertiere im Nahrungsspektrum der Waldmaus, neben dem Futter anthropogenen Ursprungs, am Hauptbahnhof eine größere Rolle als in den „üppig grünen“ Vergleichslebensräumen. Möglicherweise mündet das Zusammentreffen von menschlichen Nahrungsresten und Arthropoden (z.B. Ameisen, Asseln etc.) in einen parasitologisch bedeutsamen Synergieeffekt. Denn organische Abfälle und Kadaver, beides am Bahnhof in relativ hohem

Maße vorhanden (→ Kap. 4.3.3), locken mobile Wirbellose – das heißt potenzielle Zwischenwirte der Cestoden – und werden damit für die Waldmäuse möglicherweise zu Brennpunkten eines erhöhten Infektionsrisikos.

In dem Zweig der Helminthologie, der sich mit der Lebensweise dieser Tiere *außerhalb* der im Fokus stehenden Wirtsorganismen beschäftigt, ist übrigens der Forschungsbedarf besonders hoch. So ist etwa über den Entwicklungszyklus und damit über die Zwischenwirte eines so weit verbreiteten Trematoden wie *C. vitta* (vgl. Tab. 18) auch heute noch kaum etwas bekannt (KLIMPEL et al. 2007).

Der von mir hier ausführlich dargestellte Habitatgegensatz wird nun aber, und das ist beachtenswert, durch die hämatologische Untersuchung nicht legitimiert. Wir lenkten unser Augenmerk dabei auf die Leukozyten und deren spezialisierte Formen, die Granulozyten bzw. Eosinophilen. Die Werte aller drei Blutparameter, die, insbesondere was die eosinophilen Granulozyten betrifft, für die körpereigene Reaktion auf Parasitosen von großer Bedeutung sind (vgl. GROVE 1990, DÖRNER 2003), lagen bei den Gleismäusen signifikant über jenen der Waldmäuse aus Vergleichslebensräumen. Der Stichprobenumfang war jeweils relativ gering, dennoch deuten die Ergebnisse auf eine verstärkte Immunreaktion der Individuen vom Bahnhof hin (Tab. 32), und das, obwohl ja die mittlere Helminthen-Abundanz bei den Vergleichsmäusen (statistisch tendenziell) höher lag. Dieser Befund ist nicht leicht zu deuten. Trematoden und Cestoden waren bei den der hämatologischen Analyse unterzogenen Waldmäusen so selten, dass nicht etwa die unterschiedliche Befallsqualität (viele Nematoden einerseits, wenige aber große Band- und Saugwürmer andererseits) für die differierenden Blutwerte verantwortlich gemacht werden kann. Unter den hämatologisch getesteten Bahnhofsmäusen befanden sich im Übrigen anteilmäßig weit mehr Männchen als in der Vergleichsgruppe – trotzdem zeigten erstere die höheren Leukozytenwerte; eine Tatsache, die nicht für die bereits weiter oben kritisierte, indes verbreitete Ansicht spricht, männliche Tiere seien grundsätzlich stärker parasitiert als weibliche. Die Aussagen von SCHALK & FORBES (1997) sowie KLEIN (2004), wonach die männliche Immunantwort auf Parasiten regelmäßig geringer ausfalle als die weibliche, erfahren durch meine in Tabelle 32 präsentierten Daten jedenfalls keine Unterstützung. Wo aber ist nun die Ursache für die darin bekundeten Differenzen zu suchen? Eine akute Helminthose kann schwerlich als Begründung herangezogen werden. Selbstverständlich gibt es aber weit mehr Parasitosen als wir in den Blick nahmen. KHOKHLOVA et al. (2004) legen

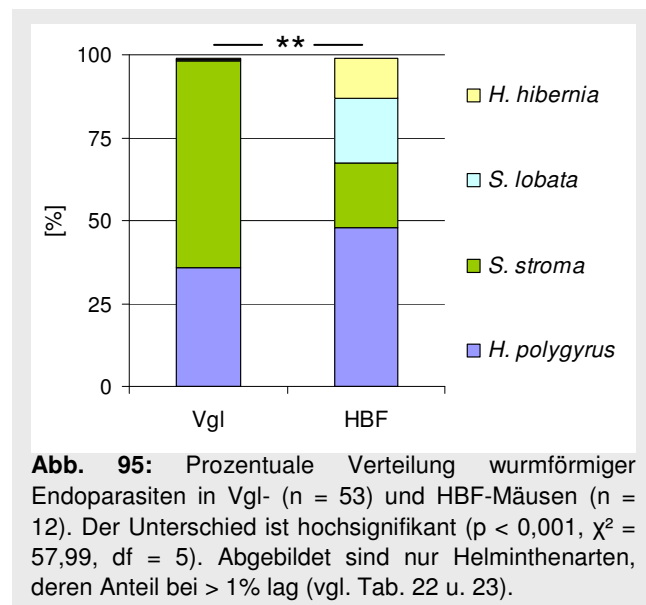


Abb. 95: Prozentuale Verteilung wurmförmiger Endoparasiten in Vgl- (n = 53) und HBF-Mäusen (n = 12). Der Unterschied ist hochsignifikant ($p < 0,001$, $\chi^2 = 57,99$, $df = 5$). Abgebildet sind nur Helminthenarten, deren Anteil bei $> 1\%$ lag (vgl. Tab. 22 u. 23).

Unter den hämatologisch getesteten Bahnhofsmäusen befanden sich im Übrigen anteilmäßig weit mehr Männchen als in der Vergleichsgruppe – trotzdem zeigten erstere die höheren Leukozytenwerte; eine Tatsache, die nicht für die bereits weiter oben kritisierte, indes verbreitete Ansicht spricht, männliche Tiere seien grundsätzlich stärker parasitiert als weibliche. Die Aussagen von SCHALK & FORBES (1997) sowie KLEIN (2004), wonach die männliche Immunantwort auf Parasiten regelmäßig geringer ausfalle als die weibliche, erfahren durch meine in Tabelle 32 präsentierten Daten jedenfalls keine Unterstützung. Wo aber ist nun die Ursache für die darin bekundeten Differenzen zu suchen? Eine akute Helminthose kann schwerlich als Begründung herangezogen werden. Selbstverständlich gibt es aber weit mehr Parasitosen als wir in den Blick nahmen. KHOKHLOVA et al. (2004) legen

Wert auf die Feststellung, dass ektoparasitische Arthropoden mehr seien als „fliegende oder krabbelnde hypodermische Nadeln, die Blut saugen und Krankheitserreger injizieren“ (Übersetzung des Verfassers). Vielmehr sei die Bindung der Außenschmarotzer zu ihrem Wirtsorganismus enger und zeige sich wirtsseitig nicht nur an verhaltensgesteuerten Abwehrmaßnahmen, sondern äußere sich auch in spezifischen Abwehrreaktionen des Immunsystems, an denen, neben weiteren, die Granulozyten beteiligt seien. Wirkten diese, dann komme es zu ontogenetischen Verzögerungen bzw. Fehlentwicklungen beim Außenparasiten. Wir sammelten Ektoparasiten zwar nur oberflächlich „ab“, das Fell wurde nicht durchkämmt, dennoch wären bei den routinemäßigen Arbeitsgängen am Körper der Mäuse (Vermessung, Präparation, Organentnahme) auffällige Veränderungen im Haarkleid oder Verkrustungen an den Extremitäten, Nasen und Ohren nicht unbemerkt geblieben. Während der Anästhesie bzw. Tötung und der nachfolgenden Präparation sprangen beispielsweise nie mehr als vier Flöhe von den Waldmäusen ab (Intensitätsgrößenordnungen, die allerdings, wie bereits oben erwähnt, durchaus mit den Befunden von KLIMPEL et al. 2007 korrespondierten). Die subsequente perianale Analyse unserer Waldmäuse mittels Klebestreifenmethode ergab durchaus eine gewisse ektoparasitische Belastung vornehmlich mit listrophoriden Milben (Tab. 31). Jedoch gilt auch hier: Die Tests der Bahnhofsmäuse verliefen praktisch durchweg negativ und dieses klare Resultat auf die kleinere Stichprobe zu schieben, erscheint zweifelhaft.

Woher rühren also die hohen, eine Parasitose indizierenden Blutwerte der Waldmäuse des Hauptbahnhofs? Vom Befall anderer innerer Organe abgesehen, kommt das Blut als Träger von Schmarotzern, Hämoparasiten, in Frage. Die Prävalenzen verschiedener Bakterien (z.B. *Bartonella*) und Protisten (z.B. *Trypanosoma*, *Babesia*) im Blut von Kleinnagern sind mit teilweise 30-50 % recht hoch, wobei *Apodemus* spp. weniger stark betroffen zu sein scheint als Vertreter der Microtinae (WIGER 1979, KARBOWIAK et al. 2005).

Weil die im Rahmen der vorliegenden Arbeit vorgenommene Hämanalyse an einem einzigen Tag mit wenige Stunden zuvor gefangenen Mäusen stattfand, bleibt außerdem unklar, ob es sich nur um relativ kurzfristig erhöhte Werte, verursacht durch eine aktuelle Infektion, handelte oder um den Ausschnitt aus einem langfristigen Vorgang. Es ist nicht daraus zu schließen, dass die Bahnhofsmäuse grundsätzlich einem erhöhten, von Parasiten verursachten Stress ausgesetzt wären.

Klar ist zudem, dass die physische Konstitution unmittelbar mit dem körpereigenen Abwehrsystem verknüpft ist, wohlgenährte Tiere sind mithin widerstandsfähiger gegen Infektionen und also auch (die negativen Folgen von) Parasitosen, wie es zum Beispiel DIAZ & ALONSO (2003) für *A. sylvaticus* dokumentierten. Wir fingen nicht eine Waldmaus aus Essen, die morphologische Anzeichen (Abmagerung, verschmutzter Analbereich) eines supprimierten Immunapparates gezeigt hätte. Und aus Tabelle 16 geht hervor: Unterschiede im relativen Gewicht (Gewicht/Körperlänge: g/mm) zwischen Bahnhofs- und Vergleichsmäusen bestanden keineswegs. Andererseits muss das nicht bedeuten, dass

Waldmäuse von robuster Konstitution nicht befallen wären. Kapitel 10.3.6 und die darin enthaltene Tabelle 30 verdeutlichen den absenten Zusammenhang zwischen Befallsintensität und Gewicht, zumindest solange ein bestimmter Schwellenwert nicht überschritten wird und/oder nicht gleichzeitig andere Stressoren einzuwirken beginnen. Ansonsten gesunde Waldmäuse können sich eine gewisse Parasitose offenbar leisten. Dass parasitäre Belastungen durch Darmhelminthen selbstverständlich ein Problem für den Trägerorganismus darstellen, kann man schon an der Tatsache ablesen, dass sich im Laufe der Evolution Mechanismen entwickelt haben, mit denen befallene Artgenossen – nämlich potenzielle Paarungspartner – erkannt werden können (KAVALIERS et al. 2003). Versuche in dieser Richtung wurden mit Hausmäusen durchgeführt, der betreffende Parasit war *H. polygyrus*, aus unserer Studie mittlerweile gut bekannt.

Als Konsequenz der hier vorgebrachten Befunde, selbst wenn der dargestellte Widerspruch zwischen der helminthologischen und der hämatologischen Studie ungelöst bleibt, lässt sich sagen, dass die Bahnhofsmäuse in Abgrenzung von den Waldmauspopulationen der anderen Habitate Essens existieren. Es liegt mithin eine Isolation vor, die (auch) von den Parasiten indiziert wird.

11 Morphometrie des Dünndarmes

11.1 Einleitung

Der Dünndarm (Intestinum tenue) erstreckt sich vom Pförtner (Pylorus) des Magens bis zur Einmündung in den Blinddarm (Caecum). Auf dieser Strecke wird das *I. tenue* in drei Abschnitte eingeteilt: Zwölffingerdarm (Duodenum), Leerdarm (Jejunum) und Krummdarm (Ileum). Funktionell unterscheiden sich diese Abschnitte. Im Duodenum werden dem aus dem Magen einfließenden Nahrungsbrei (Chymus) Verdauungssäfte zugesetzt, entweder aus dem Dünndarm selbst oder aus anderen Drüsen wie der Leber und der Bauchspeicheldrüse kommend. Jejunum und Ileum übernehmen hauptsächlich die Resorption der gelösten Nährstoffe und des Wassers (vgl. SCHIEBLER et al. 1986, CAMPBELL & REECE 2003). Was die Proportionen der einzelnen Dünndarmabschnitte betrifft, greife ich auf analoge Angaben über die Labormaus (*Rattus norvegicus*) zurück. Danach macht das Jejunum den ganz überwiegenden Teil des Dünndarms aus (HOFSTETTER et al. 2006).

Insgesamt ist der Dünndarm an membranartigem Gewebe „aufgehängt“, den Mesenterien, das auch die Blutversorgung übernimmt. Der Aufbau des *I. tenue* lässt sich grob so zusammenfassen: Der äußeren Darmwand (Tunica serosa) folgen nach innen mehrere Muskelschichten und dann die Darmschleimhaut (Tunica mucosa), die Grenze zum Darmlumen (vgl. CAMPBELL & REECE 2003, BURDA 2005). Der Aufbau der *T. mucosa* ist komplex. Sie ist z.B. beim Menschen und anderen Säugern, nicht jedoch bei den Rodentia (GORGAS 1968), aufgefaltet und weist jedenfalls zottenartig gestaltete Strukturen auf, die Villi

intestinales. Dadurch wird die innere Oberfläche des Dünndarms stark vergrößert. Die Epithelzellen der Darmzotten (Enterozyten) weisen nun ihrerseits mikroskopisch kleine „Ausfransungen“ auf, Mikrovilli genannt. Diese bilden im Dünndarm nach den Schleimhautfalten und -zotten eine Oberflächenvergrößerung dritter (beim Nagetier *A. sylvaticus* also zweiter) Ordnung. Die von ihnen gebildete Struktur stellt sich im Anschnitt unter starker Vergrößerung als „Bürstensaum“ dar. Mit seiner Hilfe wird die Kontaktzone der Darmschleimhaut zum Nahrungsbrei nochmals deutlich erhöht und damit die Nährstoffabsorption optimiert. Die weitverzweigten Blut- und Lymphgefäße der Zotten tun ein Übriges, indem sie den effizienten Stoff(ab)transport sicherstellen. Der notwendigerweise spaltenreiche Aufbau der Darmschleimhaut bringt aber auch Nachteile mit sich: Er ist ein strukturreicher „Mikrokosmos“ nicht nur für die Verdauung unterstützende Symbionten, sondern auch ein Lebensraum für parasitische, mithin schädliche Organismen (→ Kap. 10.3.4). Der „Darmzotten-Wald“ bietet z.B. schmarotzenden Nematoden ideale Bedingungen (BANSEMIER & SUKHDEO 2006).

11.2 Dünndarmlänge

Der Dünndarm ist der längste Abschnitt des Gastrointestinaltraktes, wobei die Ausdehnung stark schwanken kann. Selbst auf dieselbe Art bezogene Angaben divergieren bisweilen deutlich. Dies ist einmal auf den Umstand zurückzuführen, dass sich bei toten Tieren (und Menschen) die zahlreichen Muskeln in der Darmwand entspannen, woraus ein erheblicher „Längenzuwachs“, etwa beim Menschen um bis zu 100%, resultiert (vgl. CAMPBELL & REECE 2003). Außerdem, und wichtiger noch, ist die Länge des Dünndarms auch externen Einflüssen ausgesetzt. Er ist ökologisch betrachtet ein sehr reaktives Organ und damit sind beachtliche intraspezifische, ja individuelle morphometrische Schwankungen verbunden. Wechseln die energetischen Bedürfnisse oder das Nahrungsangebot, etwa in Abhängigkeit von den Jahres- oder Fortpflanzungszeiten, ruft dies strukturelle Antworten des Verdauungssystems hervor: Der Dünndarm (oder auch eine andere Komponente des Verdauungstraktes) vergrößert sich oder schrumpft (GROSS et al. 1985, WANG et al. 2003) und auch seine mukosale Gestalt ist veränderlich (STENLING & HELANDER 1981). Es ist legitim, in diesem Zusammenhang von „struktureller Flexibilität“ zu sprechen (STARCK 1999).

Grundsätzlich muss bei der Längenmessung des I. tenue dessen Dehnbarkeit beachtet werden. Noch viel mehr als bei unflexiblen oder harten Körperteilen (Knochen, Schwänze) sind daher bei der Längenermittlung des Dünndarms personenbezogene Messfehler zu befürchten. Dennoch wollten wir wissen, ob es auffällige, habitat- oder geschlechtsbezogene Unterschiede bezüglich der Dünndarmlängen bei unseren Waldmäusen gab, und ob sich daraus z.B. Aussagen zur Nahrungsqualität ableiten ließen. So ist es allgemeine Auffassung, dass die Darmlänge zumindest bei terrestrischen Säugetieren negativ mit der Ausprägung carnivorer Ernährung korreliert, denn Fleisch ist leichter verdaulich als pflanzliche Kost (vgl.

CAMPBELL & REECE 2003, BURDA 2005, vgl. aber die kritischen Anmerkungen von PFLUMM 1996). Folglich wäre es zu erwarten gewesen, dass die Gleismäuse einen relativ kurzen Dünndarm aufweisen, da ihre Nahrung zu großen Teilen aus Fleisch bzw. tierischer Kost und menschlichen Abfällen besteht.

11.2.1 Material und Methoden

Fang, Tötung und erste vorbereitende Schritte für die Konservierung der Waldmäuse erfolgten wie in Kapitel 6.2 beschrieben. Durch beiderseitiges Entlangschneiden an den Rippenbögen wurde die Bauchhöhle wenn nötig erweitert, so dass der Magen-Darm-Trakt nach Durchtrennung des Ösophagus und des Rektums komplett zu entnehmen war. Das Netz der Mesenterien musste sodann vorsichtig entfernt werden, damit der Dünndarm geradlinig auf einer Präparationsunterlage ausgebreitet werden konnte. Dieser Punkt ist kritisch, denn nun war seitens des Präparators sorgfältig darauf zu achten, das Objekt nicht zu strecken. Im Anschluss daran benutzten wir eine elektronische Schieblehre oder, in einigen Fällen, ein Lineal, um den Weg zwischen Pylorus und Caecum zu vermessen.

In die Prozedur wurden 20 Mäuse vom HBF (8 ♀♀, 12 ♂♂) und 60 aus Vergleichslebensräumen (24 ♀♀, 36 ♂♂) eingebunden, alle adult und gefangen im Sommerhalbjahr zwischen dem 31. März und dem 7. September verschiedener Jahre.

11.2.2 Ergebnisse

Der – intrasexuelle – Vergleich der Dünndarmlängen von Bahnhofs- und Vergleichstieren erbrachte für die Weibchen einen signifikanten, für die Männchen einen hochsignifikanten Unterschied. Jeweils höher lagen die Mittelwerte bei Waldmäusen aus Parks und Gärten (Abb. 96, 97).

Intersexuell betrachtet, variiert die mittlere Darmlänge bei Mausindividuen aus denselben Habitaten ebenfalls, wie ein *vergleichender* Blick auf die Abbildungen 96 und 97 verrät. Die Unterschiede waren aber nicht signifikant, weder bei den Bahnhofsmäusen (♀♀: 325,3 mm, ♂♂: 304,9 mm; $p = 0,305$, $T = 1,057$, $df = 18$) noch den Vergleichsmäusen (♀♀: 366,6 mm, ♂♂: 349,3 mm; $p = 0,163$, $T = 1,412$, $df = 58$). Die geschlechtsbezogenen Werte habe ich daher gepoolt, um so nochmals die Differenz zwischen Bahnhofs- und Vergleichsmäusen darzustellen (Abb. 98). Sie war statistisch hochsignifikant.

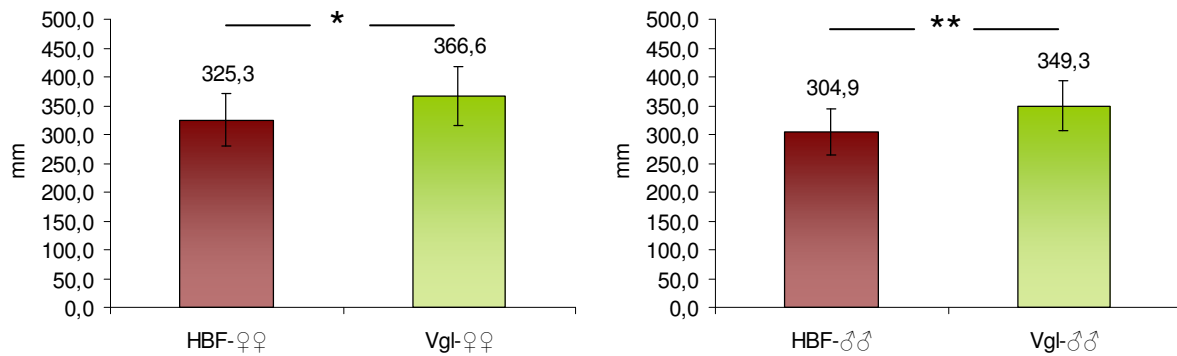


Abb. 96 und 97: Vergleich der mittleren Dünndarmlängen bei weiblichen (links, $p = 0,05$, $T = -2,034$, $df = 30$) und männlichen Waldmäusen (rechts, $p = 0,003$, $T = -3,151$, $df = 46$) vom Hauptbahnhof Essen ($n_{♀♀} = 8$, $n_{♂♂} = 12$) und aus Vergleichslebensräumen ($n_{♀♀} = 24$, $n_{♂♂} = 36$).

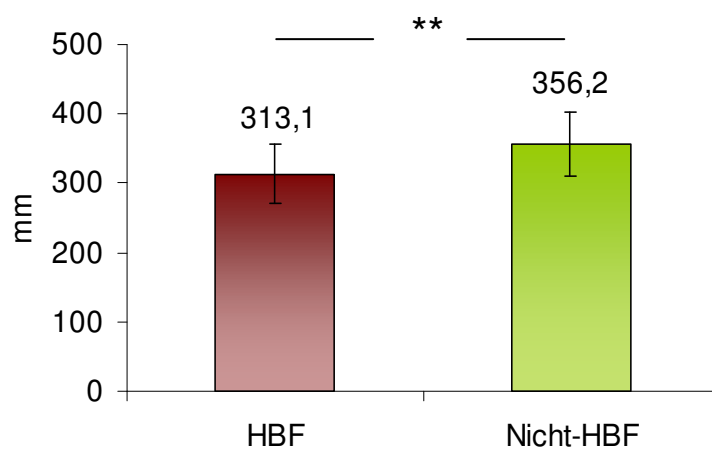


Abb. 98: Mittlere Dünndarmlängen bei Bahnhofs- ($n = 20$) und Vergleichsmäusen ($n = 60$) ($p < 0,001$, $T = -3,660$, $df = 78$).

11.2.3 Diskussion

Der Verdauungskanal der Vertebrata ist, worauf ich bereits in der Einleitung hingewiesen habe, ein sehr umweltreaktiver Organkomplex. STARCK (1999) betont diese rasche Anpassungsfähigkeit an die aktuell vorherrschenden Bedingungen, sogar binnen weniger Tage könnten deutliche strukturelle Veränderungen eintreten. GROSS et al. (1985) fanden solche Gestaltwechsel in der Darmmorphologie, bezogen auf Länge und Gewebemasse, zum Beispiel bei der Präriewühlmaus (*Microtus ochrogaster*) vor. In diesen Zusammenhang gehört auch die begründete Vermutung, weibliche Tiere hätten während der Jungenaufzucht einen leistungsfähigeren Verdauungsapparat nötig, um den vermehrten Energiebedarf decken zu können (LANGLEY & FAIRLEY 1982, ABU-MADI et al. 2000, KRISTAN 2002). Es ist allerdings wahrscheinlich, dass diese kurzfristigen Änderungen zunächst eher die innere Oberfläche des resorptiven Gewebes betreffen als die Länge des Intestinums. Der vorliegende Datensatz hat tatsächlich gezeigt, dass die Weibchen der Waldmäuse aus Essen, habitunabhängig, die etwas längeren Dünndärme besaßen, wobei eine statistische

Absicherung dieser Erkenntnis nicht gelang. Eine meiner Daten immanente Schwäche ist die relativ lange Fangperiode vom Frühjahr bis zum Spätsommer. Wie in der Einführung dieser Arbeit nachzulesen ist, wirkt sich der jahreszeitliche Wechsel auf die Nahrungsökologie von *A. sylvaticus* aus. Dieser Wandel nimmt, wie weiter unten diskutiert wird, auf den Verdauungstrakt Einfluss. Problematisch ist darüber hinaus die Parasitierung. An *Mus musculus* konnten KRISTAN (2002) und KRISTAN & HAMMOND (2003) den Beweis dafür erbringen, dass gastrointestinale Helminthen für signifikante Längenzunahmen des Dünndarms (um 5-15 %) verantwortlich zu machen sind. Die Annahme liegt nahe, die Wirtstiere würden damit die von den Parasiten verursachte funktionale Einschränkung des Verdauungssystems zu kompensieren trachten (HEALING & NOWELL 1985, KRISTAN & HAMMOND 2003). In die obigen Vergleiche habe ich indes befallene wie unbefallene Individuen eingebracht (nämlich jene aus der parasitologischen Studie, → Kapitel 10.2), hinzu kamen 15 Tiere, deren parasitäre Situation unerforscht geblieben war. Meine im Ergebnisteil präsentierten Daten sind demnach mehr oder weniger stark „zusammengeworfen“ (gepoolt). Eine Klärung der Werte, ihre Differenzierung nach den genannten oder weiteren möglichen Kategorien (u.a. Habitat, Parasitierungsgrad, Fangzeitpunkt: Jahreszeit, Geschlecht) hätte zweifellos zu sehr kleinen Teilstichproben geführt (z.B. unparasitierte Bahnhofsmäuse, Befallsklasse 0: n = 2, vgl. Tab. 23), deren weitere komparative Bewertung deshalb fragwürdig gewesen wäre.

Sind also die Vergleiche, wie sie in den Abbildungen 96, 97 und 98 veranschaulicht sind, irrelevant? Sie sind jedenfalls mit Vorsicht zu betrachten. Fest steht nur, dass die Vergleichsmäuse deutlich und signifikant längere Dünndärme besaßen. Dennoch ist die Ausprägung dieses Unterschieds zwischen den beiden bearbeiteten Habitaten (oder Habitatgruppen) zu deutlich, um auf zum Teil auch noch widersprüchliche „verdeckte“ Faktoren zurückgeführt werden zu können – eine Einschätzung, die übrigens wie einige andere, bis hierhin vorgebrachte Indizien, auch für eine Isolation der Bahnhofspopulation spricht. Nehmen wir beispielsweise die qualitativ und quantitativ divergierende Parasitierung von Bahnhofs- und Vergleichsmäusen. Tabelle 28 veranschaulicht, dass die Vergleichsmäuse vorrangig von Nematoden, die Bahnhofsmäuse dafür von Cestoden befallen waren. Welche dieser Parasitengruppen wirken sich, wenn überhaupt, stärker auf die Morphologie des Dünndarms – und hier vor allem auf dessen Länge – aus? Nimmt man alle Helminthen zusammen, so waren die Waldmäuse der Grün- und Ruderalflächen stärker befallen, mittlere Abundanz und mittlere Intensität lagen bei ihnen markant und signifikant höher als bei den Tieren vom Hauptbahnhof (Tab. 24). Dieser Umstand mag eine Erklärung dafür sein, weshalb die Intestinae der Vergleichsmäuse länger waren. Andererseits sind Cestoden die größeren und daher vermutlich auch individuell wirkungsmächtigeren Schmarotzer. Sollte die Parasitierung überhaupt für auf den Lebensraum bezogene Darmlängendifferenzen von 12,7% (♀♀, vgl. Abb. 96), 14,6% (♂♂, vgl. Abb. 97) bzw. 13,8% (alle, vgl. Abb. 98) verantwortlich zu machen sein? Es spricht einiges dafür, dass sich in den hier von mir vorgebrachten Ergebnissen (auch) die habitatbedingt unterschiedlichen

Futterressourcen widerspiegeln. Am Hauptbahnhof sorgen Aas, Arthropoden (Zwischenwirte von *H. hibernia*) und vor allem ein hoher Anteil anthropogener, gewissermaßen „vorverdauter“ Nahrung (→ Kap. 4.3.3) für geringere Anforderungen an die resorptiven Kapazitäten des Darmepithels, woraus auch dessen quantitative Minderung folgt. Denn je leichter verdaulich die Nahrung ist, desto kürzer ist auch der gastrointestinale Apparat (vgl. z.B. CAMPBELL & REECE 2003). Damit ist allerdings noch nicht die Frage beantwortet, welcher Teil des Verdauungstraktes die interspezifischen Längenunterschiede ausmacht. WANG et al. (2003) halten den Dünndarm nicht für einen brauchbaren Indikator des Ernährungsverhaltens, wogegen Blinddarm (Caecum) und Dickdarm (Intestinum crassum), zum Hinterdarm („hind gut“) zusammengefasst, die Diät der Tiere besser reflektieren würden. Doch stützen sich die Autoren wiederum auf zwischenartliche Vergleiche von teils ziemlich entfernt verwandten Nagetiergattungen. Intraspezifisch dürfte die Sache anders liegen. In einer Waldmausstudie maßen CORP et al. (1997b) bei adulten männlichen Tieren eines Laubwalds deutlich längere Dünndärme als bei solchen eines Sanddünengebietes. Erstere stützten ihr Energieeinkommen hauptsächlich auf Samen, in der Diät der letzteren dagegen dominierten Wirbellose. Der Unterschied war verblüffend groß und betrug mehr als 30% (394,4 mm, n = 8 vs. 300,8 mm, n = 12), wohingegen die Ausmaße von Caecum und I. crassum übereinstimmten. Die Autoren stellten überdies heraus, dass *A. sylvaticus* generell eine sehr hohe Verdauungseffizienz aufweise. Dies gelte auch dann, wenn die Art sich überwiegend von Invertebraten ernähre. Die Gründlichkeit, mit der die Waldmaus dann dem vornehmlich aus tierischen Substanzen bestehenden Chymus die Nährstoffe entziehe, komme durchaus dem Potenzial insektivorer Spezialisten wie Spitzmäusen, Fledermäusen oder Eidechsen gleich.

11.3 Dünndarmzotten und Mikrovilli

11.3.1 Material und Methoden

Nach Entnahme und Vermessung des Dünndarms wurden drei Teile von je 1 cm Länge aus dem Duodenum (1 cm distal vom Pylorus), dem Jejunum (Darmmitte) und dem Ileum (1 cm vor der Bauhinschen Klappe) herausgetrennt. Die nahe an Pylorus und Caecum gelegenen Entnahmestellen trugen dem Umstand Rechnung, dass Duodenum und Ileum bei Murinae nur sehr kurz sind (vgl. HOFSTETTER et al. 2006). Die herausgetrennten Fragmente wurden in Einbettkassetten (Fa. Edermünde, Deutschland) gelegt und in 4%ige Formaldehydlösung überführt. Diese erste Fixierung dauerte ca. eine Woche. Danach erfolgte eine mehrstündige Entwässerung und Härtung sowie schließlich die Einbettung der Darmfragmente in Paraffin, um ein Medium für die nötigen Dünnschnitte zu erhalten. Für den gesamten Vorgang wurden der Gewebeeinbettautomat „Citadel 1000“ und der Paraffinspender „Tissue-Tek II“ (beide Fa. Shandon, USA) des Zentralen Tierlabors am Universitätsklinikum Essen herangezogen. Das

Produkt, gefüllte Paraffinblöcke, war nun geeignet, jeweils fünf Semidünnschnitte davon anzufertigen, ein jeder 2-4 μm stark. Es stand uns hierfür ein Leica Mikrotom zur Verfügung. Nach Glättung und Verbringung der Gewebeproben auf einen Objektträger, kamen die Präparate zwecks vollständiger Trocknung in einen Wärmeschrank (ca. 24 h, 38°C). Mittels Hämalaun-Eosin-Färbung (HE-Färbung) wurden die Präparate für die durchlichtmikroskopische Auswertung weiter vorbereitet. Auch hierfür stellte uns das Zentrale Tierlabor einen Automaten (Linistain GLX, Shandon, USA) zur Verfügung. Die histologische Präparation fand in der Versiegelung der Schnitte mit Deckgläschen und einem speziellen Klebstoff (Histomount, Fa. Shandon, USA) ihren Abschluss. Informationen zu der auch von uns beanspruchten Methodik finden sich z.B. bei RIEDER & SCHMIDT (1987) und BÖCK (1989).

Die morphometrischen Arbeitsgänge fanden an einem Lichtmikroskop (Olympus Vanox AHBT3) mit angeschlossener Kamera/PC-Einheit in der Abteilung für Allgemeine Zoologie statt. Als Mess-Software diente *image analySIS 2.1* (SIS GmbH, Deutschland). Die 100- bis 600fache Vergrößerung richtete sich nach den Bedürfnissen.

Für diesen Teil der Studie standen insgesamt 35 Waldmausindividuen (12 HBF-Mäuse, 23 Vergleichsmäuse) zur Verfügung (sie gingen aus der parasitologischen Studie hervor, → Kap. 10.2). Nicht alle konnten jedoch in die nachfolgend beschriebenen Auswertungen gelangen, da unterschiedliche Parasitierungsgrade und -qualitäten zu berücksichtigen waren.

11.3.1.1 Messungen

Die Höhe der Dünndarmzotten (Villi intestinales) bestimmte sich durch die zwischen dem „Nullniveau“ auf der „Oberkante“ der Liberkühn'schen Krypten (vgl. DRENCKHAHN & FLEISCHHAUER 1994) und der Zottenspitze gelegenen Strecke (Abb. 99). Am jeweils besten

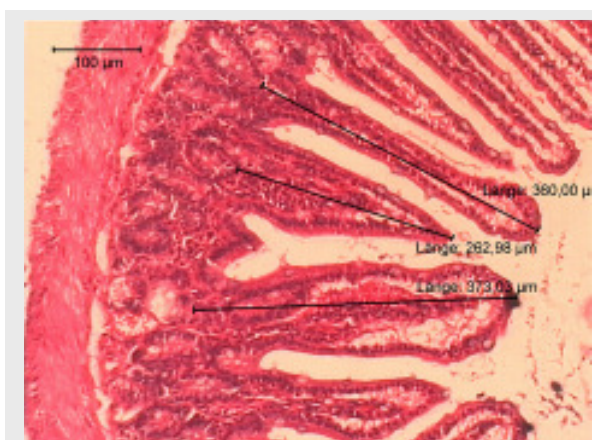


Abb. 99: Querschnittfragment aus dem Dünndarm der Waldmaus; Beispiel für die Messung der Zottenhöhe mit *analySIS*. (Foto: S. Alberts)

Schnitt wurden im Idealfall die zehn höchsten Zotten für die Vermessung herangezogen und die Ergebnisse später gemittelt. Um die Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten und dem Faktum Rechnung zu tragen, dass es unterschiedlich große Mäuse gibt und (nicht nur) darum unterschiedlich umfängliche Därme zu erwarten sind, wurde auch der Darmrohrumfang am Schnittbild ausgemessen. Da die Länge der Darmzotten etwas über die Leistungsfähigkeit des

Resorptionsapparates aussagen könnte, ist der absolute Wert nicht ohne weiteres

brauchbar: In einem Darm mit großem Durchmesser sind Zotten einer gegebenen Länge weniger wirkungsvoll (da sie anteilmäßig weniger Nahrungsbrei durchdringen) als in einem schmalen I. tenue. Daher erschien eine Abhängigkeit der Zottenhöhe vom Darmrohrumfang plausibel. Um diese Abhängigkeit zu überprüfen, erfolgte zuerst eine Korrelierung von Zottenhöhe und Umfang der Darmwand. Gegebenenfalls konnten dann durch Division dieser Parameter die *relativen Zottenhöhen* ermittelt werden, um damit eine Vergleichsbasis herzustellen.

In Ergänzung zur metrischen Ausmessung fertigten wir rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen an, um einen optischen Eindruck vom möglichen Zusammenhang zwischen Dünndarmmorphologie und makroparasitärem Befall durch Bandwürmer gewinnen zu können. Dazu stand uns ein allerdings veraltetes Gerät von Leitz (REM 1200 B) zur Verfügung. Die Feuchtpräparate (Formalin) mussten hierzu zunächst per aufsteigender Alkoholreihe entwässert und in N-Amylacetat überführt werden. Danach erfolgte die Trocknung (Anlage: E3000, Polaron, Deutschland). Als REM-Träger dienten Produkte der Science Services GmbH (Deutschland), die notwendige Goldbeschichtung (Schichtdicke: 25 µm) der Präparate geschah in einer Besputterungsanlage vom Typ MED 010 (Balzers, Deutschland).

Um die Höhe der Mikrovilli zu ermitteln, sind an vollständig angeschnittenen Zotten aus Duodenum, Jejunum und Ileum zehn Messstrecken,

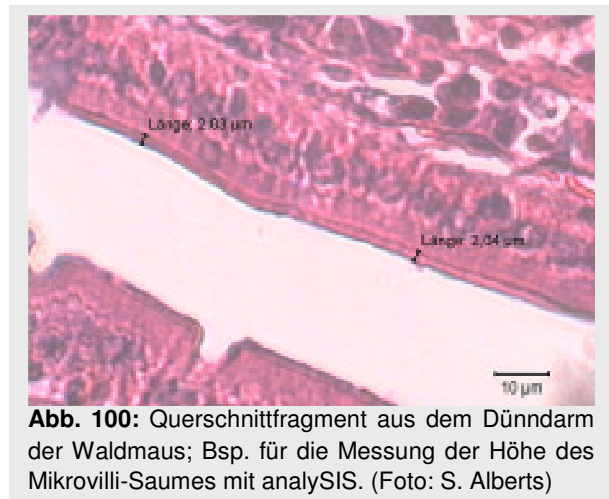


Abb. 100: Querschnittfragment aus dem Dünndarm der Waldmaus; Bsp. für die Messung der Höhe des Mikrovilli-Saumes mit analySIS. (Foto: S. Alberts)

möglichst gleichmäßig verteilt, angelegt worden (Abb. 100). Nach der Mittelwertbildung erfolgte wiederum eine Korrelation mit dem Darmrohrumfang, um später, für den Fall eines tatsächlich evidenten Zusammenhangs, relative Saumhöhen vergleichen zu können.

11.3.1.2 Statistische Analysen

Signifikanztests und Korrelationen fanden Anwendung wie in Kapitel 1.5 aufgeführt. Neben dem T-Test setzte ich die einfaktorielles (oneway) ANOVA verbunden mit Post-Hoc-Analyse nach Bonferroni ein, falls ein Vergleich metrischer Mittelwerte mit mehr als zwei Stichproben notwendig war und diese Normalverteilung aufwiesen.

11.3.2 Ergebnisse

11.3.2.1 Darmrohrumfang und Zottenhöhe

Von 22 Waldmausindividuen lagen die Werte für den Darmrohrumfang und die Zottenhöhe aus Duodenum, Jejunum und Ileum vollständig vor. Zwei davon waren mit jeweils sieben adulten Cestoden infiziert, sie wurden ausgeschlossen, um den eventuellen Einfluss großer Dünndarmparasiten zu eliminieren. Von den übrigen 20 Mäusen wies keine mehr als einen Trematoden und mehr als 50 Nematoden (mittlere Intensität = 15) auf. Die Mittelwerte sind in Tabelle 34 aufgelistet.

Tab. 34: Grunddaten von Darmrohrumfang und Zottenhöhe, 22 Waldmäuse (Mittelwerte).

	Darmrohrumf. [μm]	Standardabw.	Zottenhöhe [μm]	Standardabw.	n
gesamt	6691,94	1610,83	372,93	136,94	60
Duodenum	7874,56	1460,03	517,47	116,65	20
Jejunum	6677,32	1331,30	341,35	75,10	20
Ileum	5523,93	1115,76	259,98	50,16	20

Setzte man Zottenhöhe und Darmrohrdurchmesser in Beziehung, ergab sich eine starke, hochsignifikante Pearson-Korrelation (Abb. 101). Die weiteren Angaben bauen daher auf der relativen Zottenhöhe auf.

Ein Vergleich der (1) Darmrohrumfänge und (2) relativen Zottenhöhen aus den drei Dünndarmabschnitten förderte für beide Parameter (hoch-) signifikante Unterschiede zwischen Duodenum und den beiden Folgeabschnitten zutage (Abb. 102 und 103).

Die Gegenüberstellung der Daten von – wiederum cestodenfreien – Bahnhofs- und Vergleichsmäusen (Tab.

35), ergab keine signifikante Differenz für die relativen Zottenhöhen von 0,0556 (Vgl-Mäuse, $n = 11$) und 0,0558 (HBF-Mäuse, $n = 9$) ($p = 0,967$, $T: 0,41$, $df: 58$). Die Betrachtung jedes Abschnitts lief ebenso auf keine auffällige Abweichung zwischen den Mäusen beider Habitatgruppen hinaus, vom Ileum abgesehen, wo eine gewisse Tendenz auffiel (Tab. 35).

Abschließend richte ich hier noch einen Blick auf eventuelle Unterschiede bei von Cestoden parasitierten und nicht-parasitierten Mäusen. Aus dem Reservoir von insgesamt 35 Individuen von *A. sylvaticus*, das diesem Teil der Studie zugrunde lag, gingen nur vier mit Bandwürmern befallene Mäuse hervor. Da, wie aus den vorangegangenen Auswertungen zur Zottenhöhe ersichtlich, nicht von allen Tieren die kompletten Datensätze ermittelt werden konnten (Präparationsartefakte), wird nachfolgend der Mittelteil des Dünndarms in den Fokus

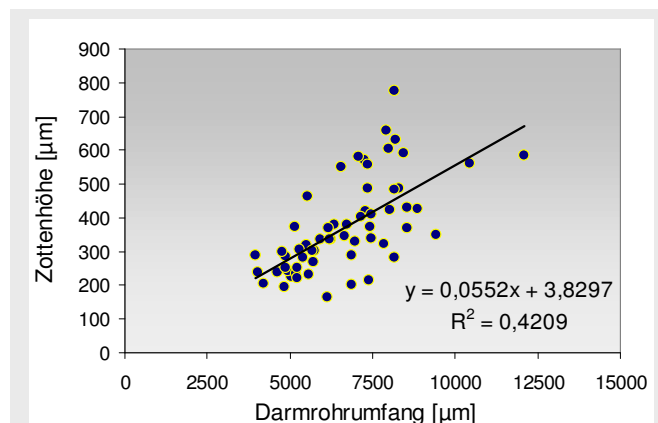


Abb. 101: Pearson-Korrelation von Zottenhöhe und Darmrohrumfang, jeweils an drei Darmabschnitten von 20 Mäusen gemessen ($n = 60$, $r = 0,65$, $p < 0,001$).

gerückt. Nach unseren Erfahrungen ist das Jejunum der Abschnitt, in der sich regelmäßig die höchste Konzentration an Cestoden lokalisieren ließ. Den Umfang der Stichprobe konnte ich dadurch erweitern, er lag nun bei 29, die Teilgruppen waren allerdings von sehr ungleichem Umfang (vier befallene Mäuse mit 6-21 Cestoden, im Schnitt 10,4; 25 Tiere ohne Bandwürmer). Die Werte der relativen Zottenhöhen des Jejunums befanden sich wiederum annähernd auf gleichem Niveau (parasitierte: $0,060 \pm 0,022$, unparasitierte: $0,053 \pm 0,012$), die geringe Differenz war nicht signifikant ($p = 0,290$, $T = 1,079$, $df = 27$).

Gestaltunterschiede der Dünndarmzotten in Abhängigkeit von der Gegenwart großer Darmparasiten lassen sich dennoch optisch erkennen, wie die REM-Fotos der Abbildungen 104 und 105 aufzeigen. Sie wurden als Ergänzung der histologischen Studie angefertigt und legen einen zumindest mechanischen Einfluss der Cestoden nahe. Der Frage, ob dem auch funktionelle Effekte folgen, z.B. in Hinblick auf die Resorptionseffizienz der Tunica mucosa, gingen wir nicht nach.

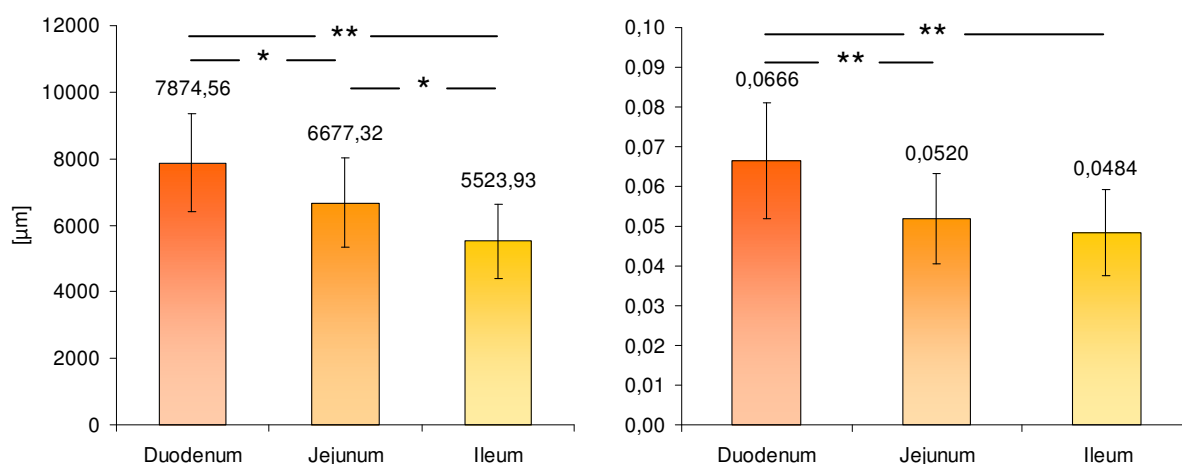


Abb. 102 (links): Vergleich der Darmrohrumfänge je Dünndarmabschnitt ($p < 0,001$, $F = 16,098$, $df = 2$, ANOVA). Die Werte von Duodenum und Ileum weichen hochsignifikant ($p < 0,001$), von Duodenum und Jejunum bzw. Jejunum und Ileum signifikant voneinander ab ($p = 0,016$ bzw. $p = 0,022$, Bonferroni-Post-Hoc).

Abb. 103 (rechts): Vergleich der relativen Zottenhöhen (= Zottenhöhe/Darmrohrumfang) je Dünndarmabschnitt ($p < 0,001$, $F = 11,973$, $df = 2$, ANOVA). Die Werte von Duodenum und Jejunum bzw. Ileum weichen hochsignifikant voneinander ab ($p = 0,001$ bzw. $p < 0,001$, Bonferroni-Post-Hoc), nicht aber die von Jejunum und Ileum ($p = 1,0$).

Tab. 35: Vergleich der relativen Zottenhöhe (rZ) des Dünndarms bei von Cestoden unparasitierten Waldmäusen aus Essen vom Hauptbahnhof (HBF-M) und aus Vergleichshabitaten (Vgl-M) ($n_{gesamt} = 20$, T-Test).

	n	rZ gesamt	p	rZ Duodenum	p	rZ Jejunum	p	rZ Ileum	p
alle	20	$0,0556 \pm 0,015$		$0,0666 \pm 0,015$		$0,0520 \pm 0,011$		$0,0484 \pm 0,011$	
Vgl-M	11	$0,0556 \pm 0,013$	0,967 (T: 0,41, df: 18)	$0,0640 \pm 0,016$	0,404 (T: 0,86, df: 18)	$0,0504 \pm 0,009$	0,507 (T: 0,68, df: 18)	$0,0522 \pm 0,009$	0,076 (T: -1,88, df: 18)
HBF-M	9	$0,0558 \pm 0,017$		$0,0698 \pm 0,013$		$0,0539 \pm 0,014$		$0,0436 \pm 0,011$	

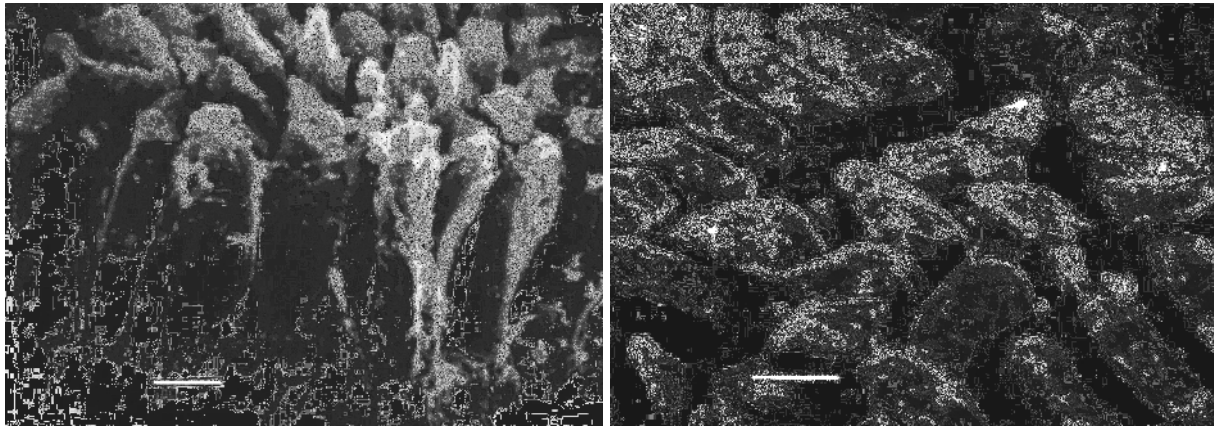


Abb. 104 und 105: REM-Aufnahmen der Dünndarmzotten im Jejunum von zwei Waldmäusen des Essener Hauptbahnhofs (Maßstäbe 100 µm). Links sind die fingerförmigen Strukturen der Tunica mucosa einer intestinal unparasitierten Maus zu sehen (Vergrößerung: 150fach, Messbalken: 100 µm), rechts die Verhältnisse eines Präparates nach starkem Befall mit *H. hibernia* (7 Würmer): Die Zottenspitzen sind deutlich abgeflacht (210fach, 100 µm). (Fotos: S. Hemsing)

11.3.2.2 Mikrovillisaum

Die Korrelierung von Höhe der Mikrovilli (Mv) und Darmrohrumfang (DRU) erbrachte nur einen schwachen, nicht signifikanten Zusammenhang (Pearson-Korr.: $r = 0,181$, $p = 0,152$, 28 Mäuse, 64 gültige Wertepaare Mv-DRU aus Duodenum, Jejunum, Ileum). Die nachfolgende Betrachtung stützt sich folglich auf die Absolutwerte des Mv-Saumes in µm.

Um für den Habitatvergleich zwei qualitativ gleichartige Stichproben zu gewinnen, habe ich aus den insgesamt 28 Waldmäusen, von denen Mv-Daten vorlagen, bestimmte Individuen selektiert. Diese Auswahl erfolgte nach festgelegten Regeln, deren Einhaltung eine Homogenisierung beider Gruppen in Hinblick auf die Rahmenbedingungen zum Ziel hatte: Mit mehr als einem Cestoden befallene Tiere ($n = 4$) schieden aus, die Parasitierung durch andere Helminthen sollte möglichst gering (Nematoden ≤ 50 , Trematoden ≤ 2) und das Geschlechterverhältnis identisch sein. Übrig blieben jeweils zehn Individuen (2 ♀♀, 8 ♂♂) und damit für jedes dieser Tiere drei gemittelte Messwerte für Duodenum, Jejunum und Ileum. Die Messresultate und ihre statistische Wertung mag der Leser der Tabelle 36 entnehmen. Er wird finden, dass der Mv-Saum der Bahnhofsmäuse keine andere Stärke aufweist als jener der Vergleichstiere – mit Ausnahme des Ileums ($p = 0,031$, $T: 2,33$, $df: 18$).

Tab. 36: Vergleich der Mikrovillihöhe (MvH) des Dünndarms bei nicht mit Cestoden parasitierten Essener Waldmäusen aus Vergleichshabitaten (Vgl-M) und vom Hauptbahnhof (HBF-M).

	n	MvH [µm] gesamt	p	MvH [µm] Duodenum	p	MvH [µm] Jejunum	p	MvH [µm] Ileum	p
alle	20	1,738±0,210		1,716±0,201		1,734±0,208		1,763±0,228	
Vgl-M	10	1,783±0,207	0,097 (T: 1,69, df: 58)	1,743±0,168	0,559 (T: 0,6, df: 18)	1,735±0,197	0,985 (T: 0,02, df: 18)	1,870±0,242	0,031 (T: 2,33, df: 18)
HBF-M	10	1,693±0,205		1,689±0,235		1,733±0,229		1,656±0,160	

Vorliegende Unterschiede in der Höhe der Mikrovilli *zwischen* den drei Darmabschnitten, abzulesen aus Tabelle 36, waren sowohl bei den Vergleichsmäusen wie bei den Bahnhofsmäusen nicht signifikant (Vgl-Mäuse: $p = 0,268$, $F = 1,382$, $df = 2$; HBF-Mäuse: $p = 0,720$, $F = 0,333$, $df = 2$; ANOVA), der Bürstensaum war also, anders als die Darmzotten (→ Kap. 11.3.2.1), in Duodenum, Jejunum und Ileum in etwa gleich hoch.

Da nur von zwei mit Cestoden parasitierten Waldmäusen komplette Datensätze des Mv-Saumes vorlagen (ein ♀ vom HBF mit 21(!) und ein ♀ aus einer bahnrassennahen Ruderalfläche mit 6 Cestoden), konnten eventuelle Folgen des Befalls durch Bandwürmer nicht befriedigend analysiert werden. Nur nachrichtlich sei darum im Folgenden der Mittelwert (\pm Stabw.) genannt, zusammengefasst für alle drei Dünndarmabschnitte der beiden betreffenden Individuen: $1,972 \pm 0,554 \mu\text{m}$. Diese Angabe liegt deutlich, um 13%, über dem Wert der 20 auf Cestodenbefall negativ getesteten Tiere aus Tabelle 36 ($1,738 \pm 0,210 \mu\text{m}$).

11.3.3 Diskussion

Bevor die vergleichende Wertung der Resultate im Kontext der parasitologischen und habitatspezifischen Gegebenheiten erfolgt, soll erst der grundsätzliche Beitrag meiner Arbeit zur Dünndarmanatomie von *A. sylvaticus* kurz dargestellt werden. Der Dünndarm der Waldmaus ist eine sich von cranial nach caudal verjüngende Röhre (Abb. 102, 103), deren Umfang in unmittelbarem Zusammenhang mit der Höhe der darin befindlichen Villi intestinales (Abb. 101) *nicht* jedoch der Mikrovillihöhe steht. Die relative Zottenhöhe (rZ) der Vergleichsmäuse unterschied sich in summa nicht von jener der Gleismäuse ($p = 0,967$, Tab. 35). Ein genauerer Blick offenbarte dann aber doch eine Differenz im caudalen Dünndarmabschnitt. Hier lag der Wert der Waldmäuse aus den Parks und Gärten, statistisch eine Tendenz beschreibend ($p = 0,076$), um etwa 20% über dem der Bahnhofstiere. In den beiden anderen Bereichen des I. tenue waren die Differenzen nicht signifikant, aber es ist erwähnenswert dass dort die Werte der Bahnhofsmäuse höher lagen (um 7-10 %). Die methodische Problematik dieses Parts der Gesamtstudie liegt wiederum in der relativ kleinen Stichprobe, die, je nach Ansatz, in nochmals reduzierte Teileinheiten zerfiel. Schlussfolgerungen bedürfen also in Fassung und Deutung der Vorsicht.

Das resorptive Leistungsvermögen des Dünndarms ist, über seine Gesamtlänge betrachtet, ungleichmäßig verteilt, es erreicht beispielsweise beim Menschen im Jejunum seine höchste Effizienz (vgl. SCHIEBLER et al. 1986). Bei unseren Waldmäusen waren die Darmzotten im Duodenum am höchsten, im Ileum am niedrigsten (gemessen an den relativen Zottenhöhen, siehe Tab. 35 und Abb. 103). Ein Ergebnis, welches dem von BANSEMIR & SUKHDEO (1996), eruiert an Labormäusen, entspricht. Bei anderen Säugetierordnungen, auch bei Primaten, unterstützen (nicht nur) im Zwölffingerdarm die *Plicae circulares* (Kerckring-Falten) die resorptionsoptimierende Oberflächenvergrößerung

und die *Villi intestinales* erscheinen dort eher „plump“ (vgl. SCHIEBLER & SCHMIDT 1991). Weil allerdings das Jejunum bei Muridae den bei weitem längsten Teilabschnitt des *I. tenue* stellt (vgl. HOFSTETTER et al. 2006), ist davon auszugehen, dass, ähnlich wie bei anderen Säugern, dort die Zone des maximalen Übertritts der Nährstoffe in das Blut lokalisiert werden kann.

Wie in früheren Kapiteln (4.4, 11.2.3) bereits thematisiert, erscheint die Annahme plausibel, die Diät von *A. sylvaticus* auf den Gleiskörpern des Hauptbahnhofs bestehe in hohem Maße aus vergleichsweise leicht verdaulicher Kost: aus tierischen Proteinen und aus (teilweise) fermentierten bzw. mechanisch-thermisch aufgeschlossenen pflanzlichen Nährstoffen menschlicher Produktion. Diese Beobachtungen erhalten nun zusätzliche Aussagekraft durch die Tatsache, dass bei den Bahnhofsmäusen die relative Höhe der Dünndarmzotten vom Zwölffingerdarm ausgehend kontinuierlich abnahm und im Krummdarm nur noch 62,5% des duodenalen Wertes erreichte (0,0698 gegenüber 0,0436, Tab. 35). Anders die Vergleichsmäuse: Sie wiesen auch im Ileum noch recht hohe *Villi intestinales* auf, der metrische Wert lag sogar noch leicht über jenem des Jejunums und betrug immerhin noch 82% der Zottenhöhe im Duodenum.

Der Mikrovillisaum blieb demgegenüber bei beiden Mäusegruppen und in allen drei Dünndarmabschnitten annähernd gleich hoch. Die von mir präsentierten Ergebnisse lassen erkennen, dass die Mittelwerte bei den Vergleichsmäusen höher lagen als bei den Bahnhofsmäusen (alle, wohlgemerkt, unparasitiert). Entscheidend für meine Argumentation ist, dass wiederum die Differenz im Ileum am höchsten war, sie betrug ca. 13% (1,870 µm gegenüber 1,656 µm, Tab. 36), eine diesmal nicht nur tendenziell, sondern statistisch abgesicherte Diskrepanz ($p = 0,031$, Tab. 36). Damit wird eine bemerkenswerte Kongruenz zur die Darmzotten betreffenden Datenlage offenbar: Der Krummdarm unserer Vergleichsmäuse scheint, so die auf morphologischer Basis gründende Interpretation, funktionell an relativ schwer verdauliche Nahrung adaptiert. Wie gesagt, besaßen die Vergleichsmäuse dort um 20% höhere Darmzotten und darauf einen um 13% höheren Mikrovilli-Saum. Und es sei überdies daran erinnert, dass bei eben diesen Tieren auch der Dünndarm insgesamt länger ausfiel (Abb. 98). In diesem Gesamtkontrast spiegelt sich meines Erachtens der höhere Anteil pflanzlicher Kost wider, welche die Waldmaus in städtischen Parks, Gärten und Wäldern vorfindet. Sie macht die Aufrechterhaltung einer großen, für den Stofftransport wichtigen inneren Oberfläche der Darmschleimhaut bis in die caudale Region des *I. tenue* vorteilhaft. Die Adaption an pflanzliche, und das heißt faserreiche Kost, nämlich die Ausweitung der resorptionsaktiven Strukturen im Dünndarm, ist bei Kleinsäugetieren durch frühere Studien bereits belegt (SCHIECK & MILLAR 1985, SUN et al. 2002).

Der parasitologische Teil meiner die Tunica mucosa betreffenden Untersuchung fällt aufgrund einer inhomogenen Ausgangsstichprobe knapp aus. Wie KRISTAN (2002) und KRISTAN & HAMMOND (2003) an Labormäusen beobachteten, induziert die experimentell herbeigeführte Infektion mit Darmparasiten (*H. polygyrus*) eine Verlängerung des

Dünndarms und – in noch stärkerem Maße – die Dickenzunahme der Darmschleimhaut. Die Autoren stellten heraus, wie gut die parasitierten Tiere in der Lage waren, den normalen Glukosetransport nach einer gewissen Zeit der mukosalen Anpassung wiederherzustellen. Das Niveau blieb langfristig dasselbe wie bei den nicht-infizierten Vergleichsmäusen. Die bereits erwähnte, hohe strukturelle Reaktivität des Dünndarms (STARCK 1999) hilft folglich eine parasitär bedingte Dysfunktion zu kompensieren.

Die Befunde über den Einfluss einer cestodalen Infektion auf die von mir berücksichtigten morphologischen Strukturen der Darmschleimhaut sind vor diesem Hintergrund widersprüchlich. Die vergleichende Untersuchung wies in Bezug auf die Villi intestinales keinen Unterschied zwischen den unparasitierten und den (wenigen) parasitierten Waldmausindividuen aus, obwohl letztere im Mittel gut zehn Bandwürmer beherbergten und eine Verstärkung der Darmschleimhaut zu erwarten gewesen wäre. Allerdings fanden wir mittels des Rasterelektronenmikroskops immerhin optische Abberationen (Abb. 104 und 105). Indes betrug die Zunahme der mittleren Mikrovillihöhe (Duodenum, Jejunum und Ileum kombininiert) in den Dünndärmen von parasitierten gegenüber unparasitierten Waldmäusen Essens nicht weniger als 13%. Wenn auch die Stichprobe der von großen Intestinalparasiten, Cestoden, befallenen Waldmäuse außerordentlich klein war (je eine Bahnhofs- und Vergleichsmaus), weshalb eine statistische Überprüfung unzweckmäßig war, liegt dieses Ergebnis doch auf Linie der oben erörterten, aus der Literatur bekannten Befunde.

12 Mikroskopisch-Anatomische Untersuchung des Corti-Organ

12.1 Einleitung

Das Innenohr (Auris interna) der Waldmaus, wie praktisch aller Säugetiere, stellt sich zunächst als schneckenartige Struktur dar, die Cochlea. Vereinfacht gesagt, äußert sich der vom Mittelohr kommende und durch die dortigen Mechanismen verstärkte Schall im Innenohr als Druckwelle, die sich in der Perilymphe der Cochlea fortpflanzt, in den Ductus cochlearis dringt und dabei eine Wanderwelle auf der darin befindlichen Basilarmembran produziert. Durch diesen Vorgang werden letztlich die Sinneszellen des Innenohres angeregt. Das Hören ist mithin zunächst mechanorezeptiv bestimmt.

Als Rezeptoren fungieren die mit Stereovilli (auch: Stereozilien) besetzten äußeren und inneren Haarzellen (AHZ, IHZ), die in „streng geometrischem Muster“ (BURDA 2005, S.278) auf der Basilarmembran positioniert sind und das Corti-Organ (Cortisches Organ, CO) ausmachen (benannt nach dem ital. Anatom Alfonso G.G. CORTI, der es Mitte des 19. Jahrhunderts entdeckte, vgl. KLEY 1986). Der dreireihige Zellverbund der AHZ setzt sich prinzipiell aus einzelnen Triaden zusammen, deren Breite von der Basis der

Basilarmembran, nahe am ovalen Fenster gelegen, zum Apex, dem „Gipfel“ der Basilarmembran am Helicotrema der Cochlea, zunimmt.

Das Corti-Organ aus Haar- nebst Stützzellen (supporting cells, pillar cells) ist beim Menschen durchschnittlich ungefähr 32-36 mm lang (HARDY 1938, KAWANO et al. 1996), in diesem Bereich liegen auch Großkatzen wie Tiger (*Panthera tigris*) und Jaguar (*Panthera onca*) (ÚLEHLOVÁ et al. 1984). Bei epigäischen Kleinsäugetern wie der Haus- bzw. Labormaus sind es im Mittel (!) etwa 5,9 bis 6,8 mm (EHRET & FRANKENREITER 1977, BURDA & BRANIS 1988, OU et al. 2000) und bei der Wanderratte 10,7 mm (BURDA et al. 1988). Doch für das etwa gleichgroße Chinchilla (*Chinchilla laniger*) werden schon wieder gut 18 mm angegeben (BOHNE & CARR 1979). Je nach Verlauf der gewählten Messstrecke können diese Angaben schwanken, sie weisen aber bereits darauf hin, dass kein einfacher Zusammenhang zwischen Körpergröße und CO-Länge besteht und die intraspezifischen Schwankungen recht erheblich sein können (v.a. bei den diversen Labormaus-Stämmen).

Nicht an jeder Position des Corti-Organ werden nun die verschiedenen detektierbaren Frequenzen gleich gut wahrgenommen. Vielmehr hängt die optimale Rezeption davon ab, wo die wandernden Schallwellen auf der Strecke der cochleären Windungen frequenzabhängig ihre höchsten Amplituden erreichen. Um solche Differenzierung zu ermöglichen, ist die Basilarmembran quer zu ihrer Längsausdehnung mit von der Basis zum Apex länger werdenden Fasern ausgestattet, die „wie die Saiten einer Harfe“ (CAMPBELL & REECE 2003, S. 1279) wirken. Sie ergeben eine unterschiedliche Steifigkeit und sind dafür verantwortlich, dass bestimmte Frequenzen ebenso bestimmte Regionen der Basilarmembran und damit der Haarzellen anregen. Einem generellen Muster folgend, werden die kurzwelligsten – höchsten – Frequenzen im Bereich der relativ schmalen, steifen Basis wahrgenommen (also sozusagen am „Eingang“ der Gehörschnecke), die langwelligsten – tiefsten – dagegen am breiten, flexiblen Apex. Experimentell lassen sich die Stellen des Corti-Organ mit der für jede Tonhöhe besten Wahrnehmung gleichsam kartieren. Man spricht vom Ortsprinzip, das sich in artspezifischen „Tonotopiekarten“ bzw. „place-frequency maps“ niederschlägt (vgl. z.B. ELDREDGE et al. 1981, MÜLLER et al. 1992, OU et al. 2000, LANGE 2006). Aus jüngerer Zeit stammen mehrere Publikationen, die die Ortspezifität der Frequenzen auf dem Corti-Organ (CO) der Haus- bzw. Labormaus (*M. musculus* bzw. *domesticus*) in mathematische Gleichungen gefasst haben (Tab. 37). Mit Hilfe dieser Formeln lässt sich nun für jede Stelle des CO (in prozentualem Abstand von der Basis oder dem Apex) die zugehörige charakteristische Frequenz berechnen oder umgekehrt für jede Tonhöhe der rezeptive Locus festlegen. Da meines Wissens der Hörbereich von *A. sylvaticus* nicht bekannt ist, bin ich in der Folge auf analoge Angaben über die relativ nahe verwandte Haus-/Labormaus angewiesen, die auch mit Blick auf Ökologie und Morphologie der Waldmaus weitgehend entspricht. Beide Muriden zählen zu den – nicht nur audiologisch – eher unspezialisierten Säugetieren („unspecialized forms“, BURDA et al. 1988) mit weiter ökologischer Potenz. Es stehen daher keine gravierenden Unterschiede im auditorischen System zu erwarten. EHRET (1975) gibt den auf theoretische Überlegungen

gestützten Hörbereich von *M. musculus* mit 0,8-115,4 kHz an. Experimentelle Prüfungen dieser Werte erbrachten allerdings Evidenz für eine geringere Spanne (OU et al. 2000, WANG et al. 2002, MÜLLER et al. 2005). Folgt man den in Tabelle 37 wiedergegebenen Formeln und Regeln und setzt für da(%) (Distanz vom Apex in % der Gesamtlänge des CO) bzw. db(%) (Distanz von der Basis) 0 bzw. 100 ein, dann liegt der Hörbereich der Maus zwischen 1,5 und 85,3 kHz (Gleichung A2), 0,7 und 79,4 kHz (B1) oder 4,8 und 78,9 kHz (C2), woraus klar wird, dass über die obere Hörgrenze eher Einigkeit besteht als über die untere. Eine Untergrenze von rund 5 kHz ist tatsächlich abzulehnen, wie die Ergebnisse aus Hörschwellenuntersuchungen zeigen, wo die Mäuse noch bei 1 kHz definierte Reaktionen auf Testreize äußerten (MARKL & EHRET 1973, → Kap. 13.4). Gleichwohl bleibt die tieffrequente Hörschwelle der Hausmaus (bzw. ihrer Rassen und Stämme) vorläufig umstritten, nach jüngstem Urteil von HEFFNER & HEFFNER (2007) liegt sie bei 2,3 kHz und das auditive Spektrum (oberhalb eines Schalldrucks von 10 dB) reicht bis 85,5 kHz.

Tab. 37: Gleichungen zur Frequenzlokalisierung auf dem Corti-Organ (CO) der Labormaus, Transformation der Originalgleichungen durch den Verfasser; da(%) meint den prozentualen Abstand vom Apex, db(%) den Abstand von der Basis des CO, *f* die Frequenz in Hz oder kHz.

Originalgleichung der Publikation		Quelle [Zuchtlinie]	Transformierte Gleichung	
A1	$da(\%) = 56,6 \cdot \log(f_{\text{Hz}}) - 179,1$	Ou et al. (2000) [F1 : C57BL x CBA]	A2	$f_{\text{Hz}} = 10^{((179,1 + da[\%]) / 56,6)}$
B1	$f(\text{kHz}) = 3,109 \cdot (10^{(100 - db[\%]) \cdot 0,0142} - 0,7719)$	WANG et al. (2002), n. Angaben v. EHRET (1983) [CBA/CaJ]	B2	$db(\%) = 100 - \log((f_{\text{kHz}} / 3,109) + 0,7719) / 0,0142$
C1	$db(\%) = 156,5 - 82,5 \cdot \log(f[\text{kHz}])$	MÜLLER et al. (2005) [CBA/J]	C2	$f_{\text{kHz}} = 10^{(db[\%] - 156,5) / -82,5}$

Wenngleich der Höreindruck eines Tieres letztlich im Gehirn stattfindet (Hörccortex), folgen die sich vom Außen- zum Innenohr abspielenden Vorgänge der Audition erst einmal, wie gesagt, der Mechanik, wobei die organischen Strukturen zur Aufnahme und Weiterleitung des Signals (Mittelohrknochen, Trommelfell, Basilarmembran, Haarzellen) filigran und kompliziert aufgebaut sind. Zu starke Reize, das heißt hier: übermäßige Schallenergien, können mithin zu mechanischen Schäden führen. Die bedeutendste Folge davon bei Tier und Mensch ist vorübergehende oder chronische Schwerhörigkeit (HENRY 1983, AVRAHAM 2003, LAMM et al. 2005). Bereits im gesunden Säugetierohr bilden sich vereinzelt Abweichungen von der Norm des Corti-Organ gut ab, so z.B. zelluläre Dislokationen, Missbildungen und Nekrosen (BURDA 1978). Größere Fehlstellen in den gleichmäßigen Reihen der mit Stereovilli besetzten Haarzellen können auf lärmbedingte, irreversible Läsionen und anschließende Nekrosen zurückgeführt werden (EHRET 1979, SALVI et al. 1979, OU et al. 2000, WANG 2002, LAMM 2004, EMMERICH et al. 2005). Doch schon bevor der Zelltod eintritt, schränken subtilere Schäden die Funktionsfähigkeit der Haarzellen mehr oder weniger ein. Hierzu zählen Rupturen der Stereovilli oder reduzierte neuronale Verbindungen (SALVI et al. 1979, EMMERICH et al. 2005). In ihrer Funktion gestörte Haarzellen können also unter dem Mikroskop ganz unversehrt aussehen. SALVI et al. (1979) fanden bei Chinchillas

AHZ-Läsionen, die tonotopisch knapp eine Oktave umfassten, obschon die neurologische Überprüfung der Tiere einen signifikanten Hörverlust über zwei Oktaven indizierte.

Es hat sich gezeigt, dass die AHZ empfindlicher auf überhöhte Schalldrücke und die daraus resultierenden energiereichen Wanderwellen in der Lymphflüssigkeit des Innenohrs reagieren, also rascher pathologische Symptome zeigen, als die IHZ (LUEBKE et al. 2001, WANG et al. 2002, LAMM et al. 2004, EMMERICH et al. 2005), was übrigens nicht nur für das Zellsoma sondern auch die Stereovilli gültig ist, die bei den AHZ schneller verloren gehen (WANG et al. 2002). Dies alles ist nachvollziehbar, da die AHZ Verbindung zur ausgelenkten Tektorialmembran halten, und sie bei der Transformation des mechanischen Signals in ein elektrophysiologisches den IHZ „vorgeschaltet“ sind. Es bleibe jedoch nicht unerwähnt, dass ENGSTRÖM & BORG (1981) einen gegensätzlichen Befund beisteuern. Sie provozierten experimentelle Gehörschäden bei Kaninchen und stellten daraufhin deutlich geschädigte IHZ (Fusionen und „Verklumpungen“ der Stereovilli) in Regionen des Corti-Organs fest, wo die AHZ unversehrt erschienen.

Das Ziel dieses Teils der Studie ist eine lichtmikroskopische, quantitative Analyse der Haarzellen sowie grundlegender morphometrischer Parameter des Corti-Organs von *A. sylvaticus*. Des Weiteren steht einmal mehr der Vergleich von Bahnhofs- und Vergleichsmäusen an, um eventuelle pathologische Deviationen vom „idealen Cochleogramm“ (BURDA 1978) aufzuspüren, also das Muster der Haarzellen und ihre Verluste festzustellen. Die Hypothese lautet wiederum: Im Vergleich zu den Waldmäusen aus Parks und Gärten ist die akustische Umwelt der Gleismäuse potenziell pathogen. Die Ergebnisse sollen die Befunde und Schlussfolgerungen aus Kapitel 5.2 zur Lärmsituation am HBF Essen unterstützen oder konterkarieren.

12.2 Material und Methoden

Die Waldmäuse habe ich so wie in Kapitel 6 beschrieben getötet. Im Anschluss daran wurde jedes Tier dekapitiert und seine Kopfhaut vom Hinterhaupt weg nach vorne gezogen, um die Bullae freizulegen. Die Schädel bewahrte ich dann zunächst in 4%iger Formaldehydlösung auf. Dort verblieben sie für mindestens zehn Tage, meist für länger als zwei Wochen. Nach erfolgter Fixation bearbeitete Prof. Hynek BURDA die Häutchenpräparate („surface specimens“: ENGSTRÖM et al. 1966) des Corti-Organs (CO) von insgesamt 13 Mäusen (9 HBF-Mäuse, 4 Vergleichsmäuse aus ruhigen Habitaten, insgesamt 22 Präparate). Dazu wurde jede Bulla tympanica unter einem binokularen Auflichtmikroskop (Olympus SZH 10 Research Stereo) von außen und der distalen Seite unterhalb des Trommelfellrings eröffnet. Die Gehörknöchelchen wurden entfernt, die Cochlea freigelegt und unter Verwendung von Uhrmacherpinzetten (Fa. Dumont, Schweiz), ophthalmologischen Instrumenten (insbes. Graefe-Skalpelle) und eines feinen Wasserstrahls (Spritzenflasche) präpariert. Radiale Knochenwand und Ligamentum spirale mussten ebenso wie Reissner-Membran und

Tektorialmembran entfernt werden. Im Anschluss daran erfolgte mit dem Skalpell die windungsweise, vollständige Ablösung der das Corti-Organ tragenden Basilarmembran von der Radialwand. Vom Apex bis zur Basis konnte nun das Gewebe mit der Pinzette angehoben, von Resten des Modiolus gereinigt und als Häutchenpräparat in Glycerin auf einem Objektträger montiert werden. Die histologische Einfärbung mit Toluidinblau und Ehrlich-Hämatoxylin erfolgte noch während der Präparation stufenweise während visueller Kontrolle unter dem Binokular, differenziert wurde mit Leitungswasser aus einer Spritzflasche.

Die im Folgenden beschriebenen Messungen und Analysen nahm ich an einem Lichtmikroskop (Olympus Vanox AHBT3) vor. Es war per Kamera mit einem PC und dem Bildauswertungsprogramm *image analysis 2.1* (SIS GmbH, Münster) verbunden und gestattete damit die monitorgestützte Auswertung der Häutchenpräparate.

Die quantitative Analyse setzte sich zusammen aus der Messung der Länge des Corti-Organ (CO), der Auszählung der inneren und äußeren Haarzellen (IHZ, AHZ), sowie der Bestimmung der Breite der drei AHZ-Reihen (vgl. Abb. 106). Die regelmäßige Anordnung der Haarzellen erleichtert das Auffinden von Lücken und/oder Unregelmäßigkeiten in der Struktur. Als fehlend habe ich Zellen dann gewertet, wenn die Cuticularplatte nicht mehr erkennbar war, also eine deutliche Fehlstelle in der Zellreihe vorlag. Diese Arbeiten fanden statt bei 400facher Vergrößerung. Die Länge des CO maß ich bei 100facher Vergrößerung durch die Mitte des Corti-Tunnels. Nach dem Ergebnis richtete sich die absolute Länge der zehn 10%-Abschnitte, in die jedes CO aufgeteilt wurde, um auf diese Weise das Problem der individuell unterschiedlichen Gesamtlängen in den Griff zu bekommen. Entscheidend für die spätere Auswertung war also die Möglichkeit, die für jedes Tier ermittelten Werte allgemeingültigen Regionen des CO der Waldmaus zuordnen zu können. Dass ein 10%-Abschnitt bei einer Waldmaus 500 μm , bei einer anderen 600 μm lang sein mochte, spielte somit keine Rolle mehr. Zusätzliche Bedeutung erlangt diese Methode durch den Umstand, dass ein Häutchenpräparat nicht zuletzt aufgrund seiner dreidimensional spiralförmigen Struktur kaum je unbeschädigt unter das Deckglas eines Objektträgers zu bringen ist. Die Teile des CO, wo der Haarzellverband offensichtlich artifiziell abgerissen oder stark zerlegt war, mussten, von der Längenmessung abgesehen, aus der Analyse genommen werden. Diese ausgefallenen Daten konnten im Nachhinein, über die Stichprobe verteilt, per Durchschnittsbildung von den Werten des entsprechenden 10%-Abschnitts anderer CO kompensiert werden. Die Abschnitte eines jeden CO, welche zwar Haarzellen trugen, wo diese aber z.B. aufgrund mangelhafter Fixation und Anfärbung oder wegen Überdeckung mit Gewebefragmenten nicht differenzierbar waren und somit keine Zählung zuließen, wurden von mir stets als normgerecht berücksichtigt. Fehlende bzw. nekrotische Haarzellen konnten mithin nur dort diagnostiziert werden, wo das mikroskopische Bild die Geometrie von IHZ und AHZ auch erkennen ließ. Die Idealzahl der Haarzellen dieser artifiziellen Schadstellen mussten folglich unter Verwendung der Daten benachbarter, nicht lädierter Teilabschnitte extrapoliert werden.

Die Bestimmung der Breite des äußeren Haarzellverbandes nahm ich rechtwinklig von der Unterkante des „Stereovilli-Winkels“ (Haarkranz) der ersten Reihe bis zur Winkelspitze der Zelle aus Reihe 3 vor (Abb. 106).

Sämtliche Auszählungen und Messungen wurden vom Apex zur Basis des CO durchgeführt. Konsequenterweise ist daher die Bezeichnung der apikalen 10%-Strecke als *Abschnitt 1*, der basalen 10%-Strecke als *Abschnitt 10*, die Benennung der dazwischen liegenden acht Teilstrecken ergibt sich logisch. Linke und rechte CO wurden gleichberechtigt behandelt und ihre Werte im Ergebnis gepoolt.

12.3 Ergebnisse

Dreizehn Waldmausindividuen ($n_1 = 13$) fanden Berücksichtigung, sie lieferten 22 auswertbare Innenohren ($n_0 = 22$). Es fanden sich fehlende Haarzellen (Abb. 106, 107), bisweilen auch überzählige (Abb. 108), denen aber meinerseits für die weitere Untersuchung keine Bedeutung beigemessen wurde. Immer wieder gab es Stellen, an denen das Corti-Organ (CO) über eine längere Strecke Wegs beschädigt oder verdeckt war und wo die Zellenanzahl darum extrapoliert werden musste (Abb. 109). Im Allgemeinen konnten die AHZ besser identifiziert werden als die IHZ.

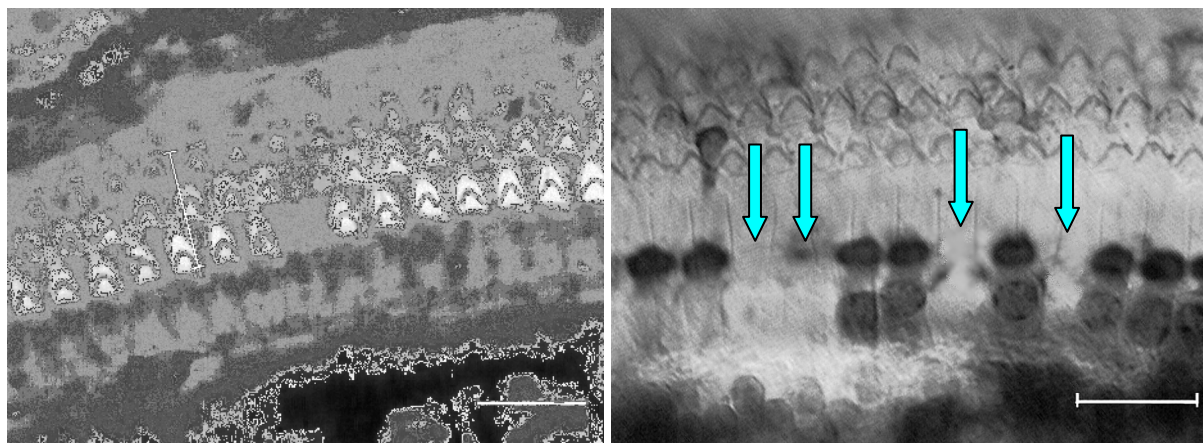


Abb. 106 (links): Das geometrische Arrangement der dreireihigen AHZ zeigt sich deutlich bei diesem Ausschnitt des Häutchenpräparates des Corti-Organ der Waldmaus. Deutlich zu erkennen: Eine Triade ist unvollständig, zwei Zellen (erste und zweite Reihe) fehlen. Die IHZ sind nicht sichtbar, da sie in einer anderen Fokussierebene liegen (Maßstab 20 μm). In die AHZ eingezeichnet ist eine beispielhafte Messstrecke zur Erfassung der Breite des Zellverbundes.

Abb. 107 (rechts): In der Reihe der IHZ fallen vier Zellen aus (Pfeile). Zwischen der inneren und den äußeren Haarzellreihen liegt der Corti-Tunnel, über den hinweg die longitudinale Vermessung des Präparates vorgenommen wurde (20 μm).

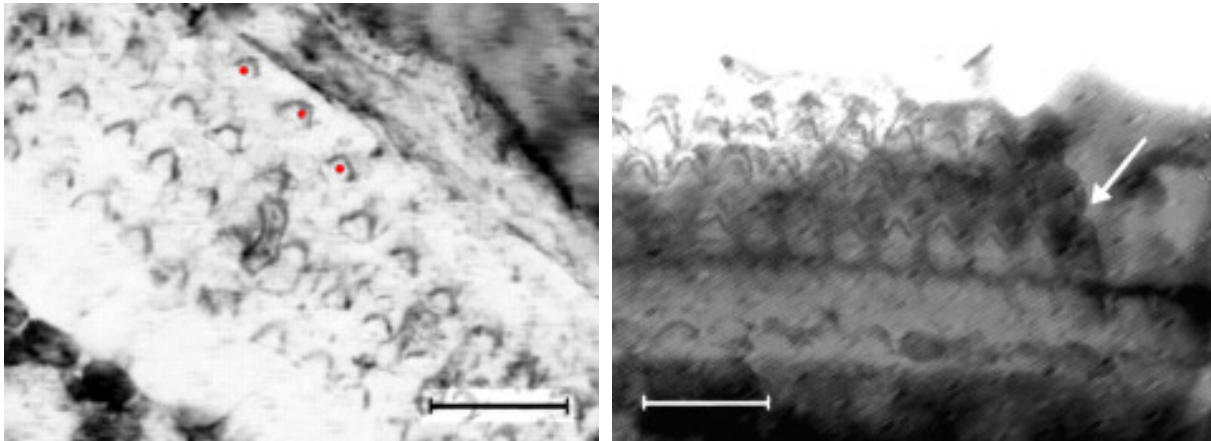


Abb. 108 (links): Die Aufnahme lässt, markiert durch rote Punkte, drei AHZ in einer vierten Reihe erkennen (20 μm), allerdings fehlt eine reguläre AHZ der dritten Reihe.

Abb. 109 (rechts): Blick auf die schadhafte Sequenz eines Häutchenpräparates. Der Pfeil kennzeichnet am Corti-Organ die „Abrisskante“ eines Teils des AHZ-Verbundes. Möglicherweise hat eine suboptimale histologische Fixierung stellenweise für Probleme mit der mechanischen Stabilität gesorgt (20 μm).

Die Resultate der quantitativen Analyse – Längenmessungen, Zählung der inneren und äußeren Haarzellen, Feststellung von Haarzellnekrosen – finden ihren Niederschlag in den Tabellen 38-41. Die erste Tabelle (Tab. 38) gibt den „Idealzustand“ wieder, also die anhand des geometrischen Musters komplett ausgezählten und nötigenfalls mittels statistischer Bereinigungen an den beschädigten Stellen errechneten Haarzellen. Dieses „Ideal“ weicht etwas von der Norm ab, denn in einem „normalen“ CO werden stets einzelne Haarzellen fehlen (BURDA 1978). In den Tabellen (46-48) stehen die Angaben zu den von mir als pathologisch erkannten Haarzellverlusten.

Die mittlere Gesamtlänge des CO der Waldmaus aus Essen lag bei 6 mm, der höchste Einzelwert betrug 7,1 mm, der niedrigste 4,6 mm. Die Korrelierung von CO-Länge (links und rechts gemittelt) und Condylbasallänge (CBL) von 12 der 13 Mausindividuen (ein Schädel war beschädigt, so dass keine CBL vorlag) erbrachte keinen plausiblen Zusammenhang: $r = -0,25$, $p = 0,434$ (Pearson-Korr.).

Die Breite des dreireihigen AHZ-Verbundes nahm vom Apex zur Basis (Abschnitte 1 bis 10) ab und zwar stets um annähernd 50% von etwa 19,5-21 μm auf ca. 11 μm (Abb. 110, siehe auch Abb. 112, 113). 600-650 IHZ und ca. 2.300 AHZ in knapp 770 Triaden dürfen als Idealwerte angesehen werden. Die höchste Zelldichte (n/mm)

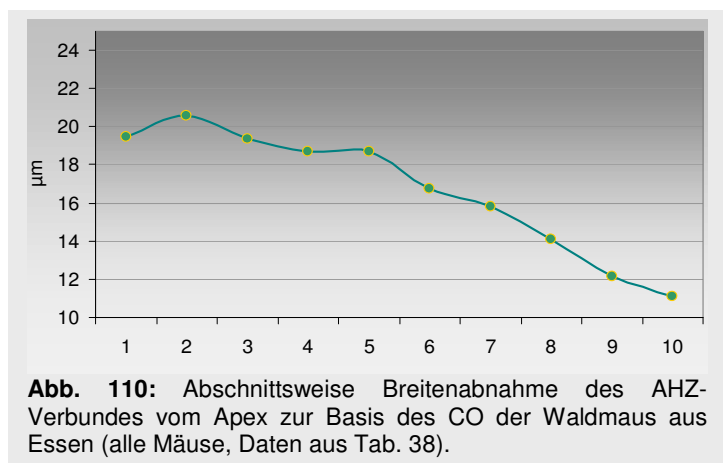


Abb. 110: Abschnittsweise Breitenabnahme des AHZ-Verbundes vom Apex zur Basis des CO der Waldmaus aus Essen (alle Mäuse, Daten aus Tab. 38).

erreichten die Waldmäuse in den Abschnitten 1 (absolutes Maximum, IHZ: 109, AHZ: 401) und 5-6 (relative Maxima, IHZ: 107, AHZ: 395-397).

Die Haarzellverluste lagen in beiden untersuchten Gruppen (HBF-Mäuse, Vergleichsmäuse) in etwa gleichauf und schwankten pro Abschnitt zwischen 2,7 und 9,7 % (IHZ, Mittel: 5,2%) bzw. 0 und 1,1 % (AHZ, Mittel: 0,3%) bei den HBF-Tieren (Abb. 111) und 0 bis 6 % (IHZ, Mittel: 2,4%) bzw. 0 bis 0,9 % (AHZ, Mittel: 0,2%) bei den Vergleichsexemplaren. Die aufgetretenen Unterschiede waren bezüglich der IHZ-Mittelwerte signifikant ($p = 0,013$, $\chi^2 = 6,177$, $df = 1$), was hingegen die AHZ-Mittelwerte anging, lagen keine Differenzen vor ($p = 0,549$, $\chi^2 = 0,697$, $df = 1$).

Ein Schadensschwerpunkt der IHZ lag, wenn überhaupt, bei beiden (!) Gruppen in der ersten – apikalen – Hälfte des CO, wobei dieser bei den Vergleichsmäusen markanter war als bei den HBF-Mäusen. Für beide Waldmausgruppen zusammengefasst gilt: Der durchschnittliche Schwund der IHZ betrug 4,4% (27,6 von 634), der AHZ 0,3% (5,8 von 2.339). Die generell geringen AHZ-Verluste werden als irrelevant angesehen, wobei auch hier das apikale Gebiet, wenngleich auf niedrigem Niveau, tendenziell etwas stärker betroffen war.

Tab. 38: Quantitative Analyse (Mittelwerte) des Corti-Organs von *A. sylvaticus* aus Essen (alle 13 Waldmäuse, 22 Corti-Organen). Länge des Corti-Organs, Idealanzahl der IHZ und AHZ (gerundet), Breite der AHZ-Triaden (BT); Stabw. = Standardabweichung, n = Anzahl der auswertbaren Präparate des Abschnitts, (*) = Mittelwert. Gemittelte Gesamtlänge des Corti-Organs: 6,04±0,65 mm.

10% - Abschnitt	Länge [µm]	n	IHZ „ideal“	Stabw.	n	AHZ „ideal“	Stabw.	n	IHZ je mm	AHZ je mm	BT [µm]	Stabw.	n
1	604	22	66	8,4	20	242	30,5	18	109	401	19,5	1,6	8
2	604	22	66	8,1	21	229	35,0	20	109	380	20,5	2,8	16
3	604	22	63	6,7	20	237	29,5	20	105	393	19,4	1,6	16
4	604	22	64	7,9	22	236	25,3	21	105	390	18,7	1,8	13
5	604	22	64	8,9	21	239	21,3	20	107	397	18,7	1,6	14
6	604	22	65	8,7	22	239	23,8	21	107	395	16,8	1,7	13
7	604	22	64	7,8	22	237	21,1	22	106	392	15,8	1,3	13
8	604	22	63	5,4	21	234	22,3	22	105	387	14,1	1,6	12
9	604	21	62	5,4	20	232	21,0	20	103	383	12,1	0,7	9
10	604	21	56	8,8	16	213	32,4	19	93	353	11,1	1,7	5
gesamt	6038		634			2339			105 (*)	387 (*)	16,7 (*)		

Tab. 39: Mittlere Haarzellverluste (absolut und prozentual) von *A. sylvaticus* aus Essen (13 Waldmäuse, 22 Corti-Organen).

10% - Abschnitt	IHZ - Verluste	Stabw.	Verluste [%]	n	AHZ - Verluste	Stabw.	Verluste [%]	n
1	2,6	2,9	3,9	20	1,8	3,6	0,8	17
2	5,3	7,6	8,0	21	2,0	4,0	0,8	20
3	3,3	4,9	5,3	20	0,8	1,6	0,3	20
4	3,4	4,9	5,4	22	0,4	0,8	0,1	20
5	1,9	2,4	3,1	21	0,4	1,4	0,2	20
6	3,9	8,3	5,7	22	0,0	0,2	0,0	21
7	3,1	4,5	4,9	22	0,0	0,2	0,0	22
8	1,7	2,8	2,6	21	0,2	0,5	0,1	22
9	1,3	2,8	2,0	20	0,2	0,7	0,1	20
10	1,2	3,5	2,0	16	0,0	0,0	0,0	19
gesamt	27,6		4,4		5,8		0,3	

Tab. 40: Mittlere Haarzellverluste (absolut und prozentual) der **HBF-Mäuse** (9 Individuen, 15 Corti-Organ).

10% - Abschnitt	IHZ-Verluste absolut	Stabw.	Verluste [%]	n	AHZ-Verluste	Stabw.	Verluste [%]	n
1	3,0	3,0	4,3	13	1,8	2,6	0,7	10
2	6,5	6,5	9,7	14	2,8	4,7	1,1	13
3	3,3	3,3	5,1	13	0,5	1,0	0,2	13
4	3,3	3,3	5,1	15	0,5	1,0	0,2	13
5	2,1	2,1	3,2	14	0,6	1,7	0,2	14
6	5,3	5,3	7,8	15	0,1	0,3	0,0	14
7	4,4	4,4	6,8	15	0,1	0,3	0,0	15
8	2,4	2,4	3,7	15	0,3	0,6	0,1	15
9	1,8	1,8	2,8	13	0,3	0,9	0,1	13
10	1,6	1,6	2,7	10	0,0	0,0	0,0	12
gesamt	33,9		5,2		6,9		0,3	

Tab. 41: Mittlere Haarzellverluste (absolut und prozentual) der **Vergleichsmäuse** (4 Individuen, 7 Corti-Organ).

10% - Abschnitt	IHZ-Verluste absolut	Stabw.	Verluste [%]	n	AHZ-Verluste	Stabw.	Verluste [%]	n
1	1,7	3,0	3,1	7	1,9	4,9	0,9	7
2	2,9	3,4	4,5	7	0,4	1,1	0,2	7
3	3,1	3,4	5,5	7	1,3	2,4	0,6	7
4	3,6	6,0	6,0	7	0,0	0,0	0,0	7
5	1,4	2,6	2,9	7	0,0	0,0	0,0	6
6	0,7	1,0	1,1	7	0,0	0,0	0,0	7
7	0,4	0,5	0,8	7	0,0	0,0	0,0	7
8	0,0	0,0	0,0	6	0,0	0,0	0,0	7
9	0,3	0,8	0,5	7	0,0	0,0	0,0	7
10	0,5	1,2	0,9	6	0,0	0,0	0,0	7
gesamt	14,6		2,4		3,6		0,2	

12.4 Diskussion

Die vorliegende Untersuchung zur grundlegenden Histomorphologie des Corti-Organ der Waldmaus ist nicht die erste. BURDA et al. (1988) bearbeiteten das Feld bereits vor mehr als zwanzig Jahren, ihre Ergebnisse stelle ich den meinen in Tabelle 43 gegenüber. Einige Angaben divergieren deutlich, z.B. die Länge des Corti-Organ (CO) und die Breite der AHZ-Triaden. Letztere Diskrepanz lässt sich mit unterschiedlichen Messvorgaben erklären, denn BURDA und seine Mitarbeiter maßen die Spanne an den Cuticularplatten vom Unterrand der Reihe eins bis zum Oberrand der Reihe 3, wogegen ich in entsprechender Weise die winkelförmigen Stereovillensäume heranzog, weshalb die Strecken kleiner ausfallen mussten. Das Prinzip bleibt aber dasselbe: Vom apikalen zum basalen Ende nimmt die Länge der AHZ-Triaden (die Breite des Zellverbundes) stetig ab (Abb. 110). Diese für das Innenohr der Mammalia gültige Regel ist interessanterweise einer

Tab. 42: Frequenzrepräsentation auf dem in zehn gleichgroße Abschnitte aufgeteilten Corti-Organ der Labormaus. Die Werte wurden auf Basis der Funktionsgleichungen A2 und B1 aus Tab. 37 errechnet.

10% - Abschnitt	ortsspezifische Frequenz [kHz]	
	A2	B1
1	1,5-2,2	0,7-1,9
2	2,2-3,3	1,9-3,6
3	3,3-5,0	3,6-5,9
4	5,0-7,4	5,9-9,1
5	7,4-11,2	9,1-13,5
6	11,2-16,8	13,5-19,7
7	16,8-25,2	19,7-28,3
8	25,2-37,8	28,3-40,1
9	37,8-56,8	40,1-56,6
10	56,8-85,3	56,6-79,4

ontogenetischen Reversion unterworfen, jedenfalls bei Laborratten (*Rattus norvegicus*) und Hausmäusen und damit bei anderen Vertretern der Muridae. BURDA (1985) und BURDA & BRANIS (1988) fanden bei neugeborenen Jungtieren von der Basis zum Apex abnehmende Triadenlängen.

Die Divergenz der Gesamtlängen des CO, wie sie aus Tab. 43 hervorgeht, ist nicht ohne weiteres erklärbar. Die Präparationsmethoden waren identisch, die Waldmäuse stammten zwar aus verschiedenen Gebieten (1988: Frankfurt und Umgebung), indes aus Mitteleuropa und die geografische Distanz kann als vernachlässigbar eingeschätzt werden. Es bleibt kritisch zu bemerken, dass schon die Längenmaße der CO aller Waldmäuse (vom HBF und den Grünanlagen Essens) eine deutliche Inhomogenität aufzeigten (Stabw.: 0,65 mm). Hier muss darauf verwiesen werden, dass z.B. mit Blick auf die Ausdehnung des CO (bzw. der Basilarmembran) auch von der Hausmaus ein hohe intraspezifische Varianz der Mittelwerte von 6 – 6,8 mm bekannt ist und die erheblichen Schwankungen offensichtlich vom Typus (Wildtiere, Laborstämme, Hybriden) abhängig sind (EHRET & FRANKENREITER 1977, BURDA & BRANIS 1985).

Den kürzeren CO meiner Arbeit entsprechend, fallen auch die Gesamtanzahlen von AHZ und IHZ im Vergleich zu den aus dem Werk von BURDA et al. (1988) zitierten Werten unterschiedlich aus (Tab. 43). Aber es gibt doch deutliche Kongruenzen. Sie betreffen das Verhältnis der AHZ zu (100) IHZ, wo die Werte nur geringfügig auseinander liegen, und insbesondere die Dichteangaben (Haarzellen je mm des CO). Allerdings besteht auch hier eine problematische Auffälligkeit. Die absoluten Maxima sowohl der IHZ als auch der AHZ lagen in meiner Studie jeweils für den ersten Abschnitt vor. Es darf als erwiesen gelten, dass das örtliche Dichtemaximum der Haarzellen sehr genau mit der Region des besten Hörens positiv korreliert (EHRET & FRANKENREITER 1977, BURDA & VOLDŘICH 1984), und diese liegt bei der Waldmaus gewiss nicht im Bereich von 2 kHz, einer Frequenz, die tonotopisch im apikalen Abschnitt 1 repräsentiert ist (berechnet nach Formeln aus Tab. 37). Vermutlich ist es meinerseits gerade im 1. Abschnitt zu einer Überschätzung der vorhandenen Haarzellen gekommen, da am Apex des CO häufig Beschädigungen und Präparationsartefakte, möglicherweise zum Teil aufgrund unzureichender Fixierung, die Auszählung der Haarzellen erschwerten und auch eine falsche Determination derselben provozierten. Die relativen Maxima von IHZ und AHZ in der Mitte des CO passen dagegen gut zum üblichen Muster „generalisierter“, überwiegend bodenbewohnender Nagetiere (BURDA et al. 1988). Sie sind zudem durchaus im Bereich des besten Hörens der Waldmaus im Band von 12-16 kHz lokalisiert (Analogieschluss nach Daten zur Hausmaus von EHRET & FRANKENREITER 1977).

Die von mir diagnostizierten Verluste der IHZ waren vergleichsweise hoch. Bei Tieren, die keinem Lärm ausgesetzt und nicht bereits im Stadium fortgeschrittener Seneszenz gewesen waren, lag der reportierte „natürliche“ Schwund an Haarzellen jeweils auf sehr niedrigem Level. Er betrug gemäß LAMM et al. (2004) bei Labormeerschweinchen $0,1 \pm 0,3$ % (IHZ) bzw. $1,3 \pm 0,9$ % (AHZ). Die Waldspitzmaus zeigte bezüglich der Abweichungen vom Idealwert der Haarzellen auffallend ähnliche Werte. BURDA (1978) errechnete bei zwei, sich

altersmäßig um einige Monate unterscheidenden Gruppen Verlustraten der IHZ von 0,13-0,33 %, der AHZ von 0,78-1,47 %. Diese Angaben werden, sofern wir die AHZ betrachten, von meinen Befunden noch unterschritten. Dagegen fehlten den Bahnhofsmäusen im Schnitt 5,2% der IHZ, bei den Vergleichsmäusen war der Anteil statistisch signifikant geringer, aber mit 2,4% immerhin noch deutlich über den zitierten Normwerten von Meerschweinchen und Spitzmaus. Es ist auszuschließen, dass sich zumindest einige der in mein Teilprojekt einbezogenen Waldmausindividuen bereits im Senium befanden und daher alterungsbedingte Degenerationen der cochleären Strukturen vorlagen, denn dann hätten sich diese deutlich auf beide Haarzelltypen verteilen müssen, so wie es ÚLEHLOVÁ et al. (1984) bei aufgrund fortgeschrittener Senilität eingeschläferten Großkatzen fanden.

Ist also ein kausaler Zusammenhang zwischen der Lärmexposition am Hauptbahnhof und den Innenohrschäden zu konstatieren? Die Antwort darauf lautet mit hoher Wahrscheinlichkeit: Nein! Abschwächend möchte man hinzufügen: Und wenn doch, dann waren die lärmbedingten Verletzungen nur gering ausgeprägt.

Wie in der Einleitung anhand von Literaturverweisen dargelegt, reagieren die AHZ sensitiver auf belastende Schallenergien. EMMERICH et al. (2005) setzten Meerschweinchen

Tab. 43: Mittlere Messwerte (\pm Standardabw.) des Corti-Organ von Waldmäusen aus zwei Studien.

	BURDA et al. (1988) $n_I = 5, n_O = 8$	vorliegende Untersuchung $n_I = 13, n_O = 22$
Länge CO	6,7 \pm 0,5 mm	6,04 \pm 0,65 mm
Breite AHZ-Verbund (Apex)	26,9 \pm 1,6 μ m	19,5 \pm 1,6 μ m
Breite AHZ-Verbund (Basis)	13,7 \pm 0,9 μ m	11,1 \pm 1,7 μ m
AHZ (gesamt)	2.601	2.339
IHZ (gesamt)	742	634
Verhältnis AHZ je 100 IHZ	350,7	369
AHZ je mm	388,4 \pm 12,8	387,3 \pm 13,5
IHZ je mm	110,7 \pm 6,8	104,9 \pm 4,7

originalgetreu reproduziertem Industrielärm aus und schildern das wiederkehrende Resultat der morphologischen Analyse des CO: „[...] the typical damage pattern: no loss of IHC occurred, whereas OHCs are either completely lost or have distorted, broken or otherwise damaged hairs, so that a damage of the tip links can be assumed.“ (S. 95; IHC = IHZ, OHC = AHZ). Bei den Bahnhofsmäusen waren die AHZ-

Verluste freilich absolut vernachlässigbar und es ist nicht anzunehmen, dass es „versteckte“ fehlende AHZ gab, die ausgerechnet dort lagen, wo die einzelnen Präparate beschädigt waren und die Zellwerte daher statistisch anhand benachbarter Reihen hergeleitet werden mussten. So bleibt die Frage, weshalb die quantitative Deviation der IHZ doch recht deutlich ausfiel und bei den Waldmäusen vom HBF einen mittleren Schwund von insgesamt 5,2% ausmachte. Gehen wir im Folgenden einmal davon aus, es handelte sich dabei *nicht* um Präparationsartefakte oder Missdeutungen des Auswerters.

ENGSTRÖM & BORG (1981) ergänzen das Wissen um lärmbedingte Verletzungen von Haarzellen um die Erkenntnis, dass, bei geringer Inzidenz abgestorbener AHZ, die IHZ über weite Strecken lädiert sein können, wobei in ihrem Falle, wohlgemerkt, nicht von Absenzen die Rede ist, sondern von Abnormitäten der IHZ-eigenen Stereovilli, etwa der Ausbildung großer „Haare“ („macrohairs“) bei völliger Abkehr von der üblichen Bürstenstruktur. Insofern

bleibt es dabei: Meine Befunde lassen sich kaum auf den vom Zugverkehr ausgehenden Schalldruck zurückführen, zumal auch die vier Vergleichsmäuse – allesamt aus Parklandschaften weitab (> 200 m) der nächsten Zugstrecke oder stark frequentierten Straße – mit 2,4% einen IHZ-Verlust aufwiesen, der klar über einem als Norm zu betrachtenden Wert lag. Andererseits, und das steht nicht im Widerspruch zur Tatsache, dass es sich um bemerkenswerte Verluste handelt, bedeuteten 2 bis gut 5 % abgestorbener Haarzellen, bei maximal 9,7% in einem 10%-Abschnitt, in Tat und Wahrheit nur geringe Ausfälle, welche die auditive Kapazität der Waldmäuse nicht oder nur in vernachlässigbarem Umfang einschränken dürften. WANG et al. (2002) fanden nach experimenteller, pathogener Beschallung von Labormäusen die deutlichsten lärmbedingten Schäden („tonotopic focus of IHC loss“) in der tonotopischen Region zwischen 6 und 10 kHz, die IHZ-Minderungen beliefen sich dort auf 70-80 %! Auf Grundlage der Angaben aus Tabelle 49 überstrich dieser von den genannten Autoren angegebene Verlust somit die Abschnitte 4 und 5, also mehr als 10% des gesamten CO.

Und schließlich: Pathogener Lärm verantwortete nach den Resultaten von WANG et al.

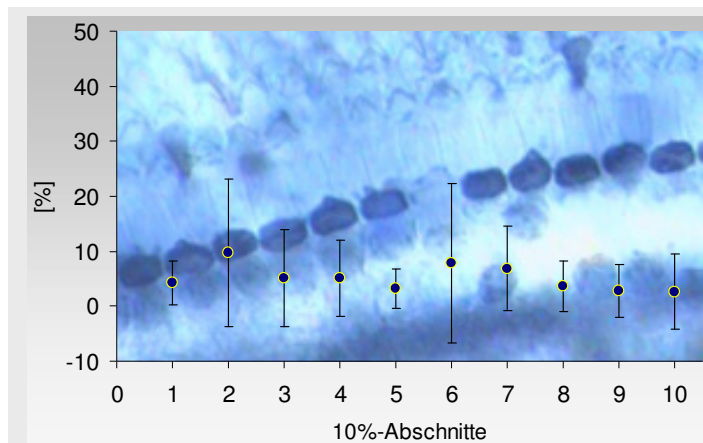


Abb. 111: Prozentuale IHZ-Verluste des Innenohrs von neun Bahnhofsmäusen (15 Ohren) je 10%-Abschnitt. Das absolute Maximum wurde mit 9,7% im Abschnitt 2 erreicht (also im Bereich der Länge von 10-20 % des CO, ausgehend vom apikalen Ende), die Minima mit 2,8 bzw. 2,7 % nekrotischer IHZ befanden sich in den Abschn. 9 und 10. (Daten aus Tab. 39)

(2002, S. 256) schwere Läsionen hauptsächlich in zwei Regionen des CO: „With respect to IHC loss, mean cytochrome oxidase [...] showed two foci of hair cell loss: one in a region tonotopically appropriate to the exposure band and one in the extreme base, or ‚hook‘, region of the cochlea.“ Nimmt man die in Kapitel 5.2.3.9

präsentierten, von den Zügen ausgehenden pegelstarken Frequenzen, sie lagen im Bereich < 10 kHz, dann müssten also die davon (möglicherweise) evozierten IHZ-Verluste in den ersten fünf Abschnitten gelegen haben (vgl. Tab. 40), was tatsächlich, wenngleich auf geringem Niveau, zutraf (vgl. Tab. 42). Allerdings wäre ein zweites Schadensmaximum am basalen Ende des CO zu erwarten gewesen. Dem war nicht so.

Abschließend sollen noch kurz und knapp einige, verschiedenen Publikationen entnommene Angaben vorgebracht werden, die Aufschluss darüber geben können, wie die akustische Belastung beschaffen sein muss, um unter den kontrollierten Bedingungen wissenschaftlicher Studien bei Versuchstieren profunde Hörschäden im gesamten Hörbereich oder in definierten Frequenzbändern hervorzurufen (vorübergehende oder permanente Hörschwellenverschiebungen, Nekrosen, Rupturen). Die Schalldosis wurde entweder als Breitbandrauschen, in Oktavbändern oder einzelnen Frequenzen verabreicht:

86 dB über 5 Tage (Chinchillas, SALVI et al. 1979), 80-90 dB über 120 h (Meerschweinchen, WALGER et al. 1985), 113 dB über 1 h (Gerbils, BOETTCHER 2002), 100/116 dB über 2 h (Labormäuse, WANG et al. 2002). Nach Bewertung von CLARK (1991) sind ununterbrochene Lärmexpositionen im Versuchslabor von weniger als sechs Stunden schon kurz („short durations“)! Nichts dergleichen Schwerwiegendes lässt sich von der Umwelt unserer Gleismäuse berichten. Hält man sich diese Werte vor Augen, fällt es leicht, anzunehmen, die Lärmcharakteristik am HBF halte, weniger was die absoluten Pegel angeht, vielmehr was die zeitliche Komponente betrifft, nur ein geringes Schädigungspotential bereit. Dies umso mehr, als die Pausen zwischen den Lärmereignissen – den Zugeinfahrten – mindestens mehrere Minuten dauern, und das Gehör der Mäuse somit Gelegenheit erhält, sich zu erholen.

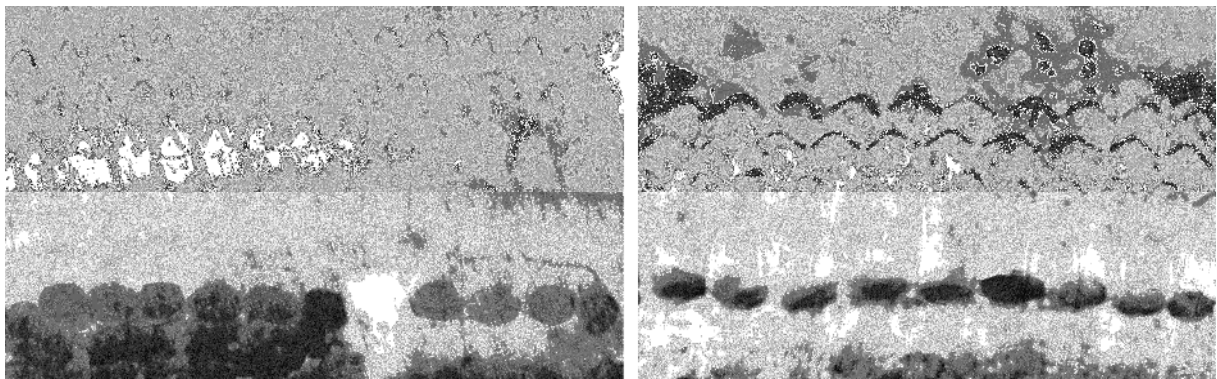


Abb. 112 (links) und 113 (rechts): Die Breite des AHZ-Verbundes auf dem Corti-Organ der Waldmäuse nimmt vom Apex zur Basis kontinuierlich ab, während die auditiven Frequenzen gegensinnig zunehmen. Das linke Bild zeigt einen Ausschnitt, der ca. 25% der Gesamtlänge vom Apex entfernt lag (und damit im dritten 10%-Abschnitt); eine IHZ fehlt, es handelt sich aber nicht um einen pathologischen Befund sondern um ein Artefakt. Das rechte Foto wurde bei etwa 75% aufgenommen und zeigt eine intakte Anordnung von IHZ und enggestellten AHZ-Triaden.

C. Ethologische Studie

13 Audiologischer Versuch mit Waldmäusen aus zwei verschiedenen urbanen Lebensräumen

13.1 Einleitung

An dieser Stelle meiner Arbeit kann kein Zweifel mehr darüber bestehen, dass die Waldmaus auf den Gleisen des Essener Hauptbahnhofs lebt und diesen Lebensraum nicht nur vorübergehend aufsucht. Der Zugverkehr bedeutet für die Tiere, so ist anzunehmen, in erster Linie eine akustische Belastung, jedoch lassen die in den Kapiteln 5.2.4 und 12.4 diskutierten Tatsachen nicht auf eine pathogene Wirkung des Umweltfaktors Lärm schließen. Der Verkehrslärm am HBF Essen scheint im Innenohr der Gleismäuse keine irreversiblen Schäden hervorrufen zu können, was zunächst einmal mit der dargestellten räumlichen und zeitlichen Entzerrung der Zugfahrten und den damit verbundenen Erholungspausen des Gehörs erklärt werden kann. Das auditive System besteht aber nicht nur aus dem Innenohr allein. Lärmbedingte Schäden, das meint Schwerhörigkeit, können auch im vor- und nachgeschalteten Apparat wirksam werden (vgl. PSCHYREMBEL 1993). Um das Gehör der Gleismäuse als Ganzes zu testen und auf Unterschiede zu den Vergleichsmäusen zu untersuchen, entwarf ich daher einen relativ einfachen Verhaltensversuch. Damit suchten wir zu klären, ob *A. sylvaticus* für die Nutzung der Gleistrassen – und damit für eine Existenz mit geringer interspezifischer Konkurrenz und fast ohne Prädationsdruck bei gleichmäßig guter Nahrungsversorgung – den Preis eines eingeschränkten akustischen Wahrnehmungsvermögens zahlen muss. Als adäquaten ethologischen Indikator betrachteten wir den Schreckreflex auf unvermittelte akustische Impulse.

13.1.1 Der Schreck-Reflex

Um ethologisch-basierte Hörkurven zu erlangen, die den *gesamten* frequenzdefinierten Hörbereich abdecken, müssen die Versuchstiere dressiert werden. Sehr häufig wird dabei mit negativer operanter Konditionierung gearbeitet (z.B. HEFFNER et al. 1994): Das Versuchstier soll lernen mit dem Testgeräusch einen negativen Stimulus (Bestrafung, z.B. Stromstoß) zu assoziieren, sein – adaptiertes – Vermeidungsverhalten im weiteren Versuchsverlauf wird dann als Hinweis auf die akustische Wahrnehmungsfähigkeit gewertet.

Weil die Mäuse, die wir in unsere Testreihen einbezogen, notwendigerweise adulte Wildfänge waren, wurden die Tiere nicht trainiert oder konditioniert. Dies erschien auch insofern nicht als notwendig, da es mir nicht auf absolute Hörkurven ankam, sondern das Hörvermögen bzw. das Schreckverhalten der Waldmäuse in einem bestimmten Frequenz-

und Schalldruckbereich (der Lärmentwicklung am HBF Essen entsprechend) getestet werden sollte. Darum wurde beschlossen, die Reaktion der Mäuse auf akustische Signale an ihrem Verhalten, ihren Reflexen abzulesen.

Als Startle-Reflexe werden solche bezeichnet, die aufgrund plötzlicher, kurzzeitiger und massiver Außenreize auftreten: Schreck-Reflexe (LANDIS & HUNT 1939). Beim Menschen ist z.B. der Lidschlussreflex bekannt (durch Muskelkontraktion des *Musculus orbicularis oculi*). Man kann ihn leicht an sich selbst beobachten, er wird aber auch wissenschaftlich, z.B. humanpsychologisch, genutzt (AASEN et al. 2005). Auslöser können über verschiedene Sinneswege wirksam werden, so wirkt etwa ein Blitz genauso wie ein Knall.

An vielen Säugetieren lässt sich als Antwort auf plötzliche akustische Stimuli das Zucken der Ohrmuscheln (*Pinnae*) beobachten. Der deutsche Kinderarzt und Entwicklungspsychologe WILHELM PREYER (1841-1897) führte als erster wissenschaftliche Versuchsreihen zum Ohrmuschelreflex – an Kleinsäugetieren – durch: "Noch nicht 12 Stunden alte Meerschweinchen reagieren, wie ich fand, durch Bewegungen der Ohrmuscheln unzweideutig auf alle hohen Töne von über 1000 Doppelschwingungen in der Sekunde. Denn es wurden jedesmal, wenn ich, den Tieren selbst unsichtbar, in geräuschloser Umgebung eine meiner 40 kleinen Stimmgabeln anstrich, unmittelbar darauf die Ohrmuscheln gleichzeitig bewegt, entweder niedergedrückt oder nur gefaltet. Bei stärkeren Tönen fuhren die Tiere jedesmal zusammen. Mit einer solchen maschinenmäßigen Sicherheit tritt diese von mir auch an jungen Fledermäusen beobachtete Reflexbewegung, die Kontraktion der Ohrmuscheln ein, daß ich keine andere, die Pupillenverengung durch Licht etwa ausgenommen, bezüglich der Präzision ihr an die Seite zu stellen wüßte." (PREYER 1882). Mit diesen Experimenten bzw. ihrer Publikation etablierte er den Preyer-Reflex.

In modernen Studien wird das akustische Signal meist elektronisch, z.B. mit einer kalibrierten "Click-Box", ausgelöst, um definierte Frequenzen und Schallpegel (oft 90 dB) zu erzeugen (z.B. KIERNAN et al. 1999, PHIPPARD et al. 1999, TSAI et al. 2001), aber auch das einfache "In-die-Hände-klatschen" findet noch Verwendung (z.B. JERO et al. 2001).

Mit Hilfe der vorgestellten Methode und eines an unsere Absichten angepassten Versuchsaufbaus war nun folgende Arbeitshypothese zu prüfen: Die gleisbesiedelnden Waldmäuse des Hauptbahnhofs Essen sind im Vergleich zu Artgenossen aus weniger geräuschintensiven, naturnäheren Lebensräumen im für Zuglärm typischen Frequenzfenster weniger schreckhaft (d.h. ihre reflexauslösenden Reizschwellen liegen je Tonfrequenz in einem höheren Lautstärkebereich).

13.2 Material und Methoden

Die Versuchsreihe fand an der Universität Duisburg-Essen, Campus Essen statt. Dafür wurde ein Laborraum bezogen, der geeignet war, den Einfluss von Störgeräuschen gering zu

halten. Um den Umgebungspegel noch weiter zu senken und vor allem den Einfluss optischer Reize – z.B. durch die Bewegungen der beteiligten Wissenschaftler – zu mindern, sollten die Mäuse den Versuchen in absoluter Dunkelheit unterzogen werden. Eine "akustische Dunkelkammer" hatte diesen Zweck zu erfüllen. Dazu diente ein umgebauter verschließbarer kubischer Holzschrank (ehem. Labor-Unterschrank) mit den Maßen 65 cm x 57 cm x 57 cm (Länge x Breite x Höhe), der innen mit Dämmmaterialien ausgestattet wurde (Dämmschaumstoff aus dem Boxenbau, Fa. Conrad Electronic SE; zusätzlich einfacher Schaumstoff, Pappe; Abb. 114). An die obere Wand dieser Box wurden danach innen zwei Lautsprecher (Visaton FRS 8, Visaton GmbH & Co. KG, 100 Hz - 20 kHz) installiert, die über einen Verstärker (Pioneer Stereo Amplifier SA-560, Frequenzgang 0,04-20 kHz) an einen CD-Player (Philips CD 471) angeschlossen werden konnten. Den Lautstärkeregel des Verstärkers versah ich zudem mit einer papiernen Skala, um für jeden Teilversuch (für jede Maus) wiederholbare Lautstärken (dB-Werte) ansteuern zu können (Abb. 114). Vorversuche hatten jedoch ergeben, dass mit dem Lautstärkeregel exakte dB-Werte nicht vorwählbar waren. Um den tatsächlichen, genauen *unbewerteten* (→ Kapitel 5.2) Schallpegel nach jedem Schallereignis zur Reflexauslösung erfassen zu können, konnte durch ein Loch in der Seitenwand der Box das Messmikrofon eines zuvor mit einem Kalibrator (Brüel & Kjaer Typ 4320) kalibrierten Schallpegelmessgeräts (Brüel & Kjaer Typ 2233) mit Frequenzfilter (Brüel & Kjaer Typ 1625) bündig eingeführt werden, und zwar genau in mittlerer Höhe des Käfigs mit dem Versuchstier. Als Versuchskäfig diente eine leicht modifizierte Drahtkäfig-Mausefalle (Fa. Ehlert & Partner, Niederkassel-Rheidt), ihr Auslösemechanismus war entnommen und der Holzboden gegen einen reflexminimierenden Schaumstoffboden ausgetauscht worden. Den "Innenraum" der Falle verkleinerte ich überdies um ca. 1/3, er betrug nunmehr 8 cm x 4,5 cm x 5 cm (Länge x Breite x Höhe), damit die Position jeder Versuchsmaus relativ zum Lautsprecherpaar nur in geringem Maße variieren konnte. Auch dieser Versuchskäfig war mit einer Öffnung im Drahtgeflecht versehen worden, durch welche das Messmikrofon des Schallpegelmessers eingeführt werden konnte (Abb. 116).

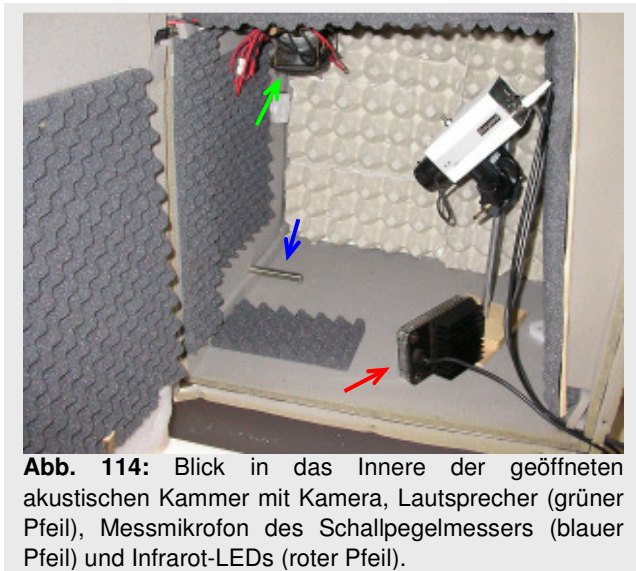


Abb. 114: Blick in das Innere der geöffneten akustischen Kammer mit Kamera, Lautsprecher (grüner Pfeil), Messmikrofon des Schallpegelmessers (blauer Pfeil) und Infrarot-LEDs (roter Pfeil).

Um die Reaktion der Mäuse auf die eingespielten Töne sehen und vermerken zu können, installierte ich in der Box eine infrarotfähige Kamera (Ikegami ICD-47E, Ikegami Electronics Co., Ltd., Japan) und eine Infrarotquelle (IR LED Illuminator; Tracksys Ltd., GB). Die Kamera konnte mit einem Monitor (Sony PVM 1450QM) verbunden werden. Diese Video-Einheit erlaubte eine sehr genaue Beobachtung der Versuchstiere. Der gesamte

technische Aufbau für die Durchführung der Preyer-Reflex-Versuche ist in den Abbildungen 114, 115 und 116 zu sehen.

Während der technischen Vorbereitung der Versuchsreihe hatte sich gezeigt, dass die einzelnen Töne ein von der eingestellten Frequenz unabhängiges Knacken des Lautsprechers hervorriefen. Jeder plötzlich einsetzende elektrische Impuls löst ab einer bestimmten Stärke (das bedeutet hier: Lautstärke) dieses hörbare "Springen" der Lautsprechermembran aus. Um diesen für den Versuch fatalen Effekt abzustellen, mussten die reinen Töne ein- und ausgeblendet werden ("rise and decay").

Die Erzeugung der Töne geschah ebenso wie ihre weitere Bearbeitung mit dem Programm WaveLab 3.0 (Fa. Steinberg Media Technologies GmbH). Auf diese Weise generierte ich 37 jeweils 0,18 Sekunden lange monofrequente Sounddateien (Wave-Format) im Frequenzbereich von 2 bis 20 kHz (in 500-Hz-Schritten), die jeweils als plötzlicher Impulston abgespielt werden konnten. Sie wurden zu einer gewöhnlichen Audio-CD weiterverarbeitet ("gebrannt"). Um damit die akustische Treue der technischen Anlage zu prüfen, spielte ich sämtliche Töne in der akustischen Kammer ab und nahm sie dabei mit einem DAT-Recorder (Sony TCD-D8 mit Mikrofon Sony ECM S 959A) wieder auf. Das Mikrofon war hierzu an derselben Stelle platziert worden, wie später die Versuchsmäuse. Die Auswertung der aufgenommenen Töne erfolgte danach PC-gestützt (digitale Soundkarte Creative Soundblaster Live! Value, Creative Technology Ltd.) mittels des Soundanalyseprogramms Avisoft-SASLab Pro 4.3 (Fa. Avisoft Bioacoustics, Berlin). Dabei stellte sich eine sehr hohe, für die Versuche mehr als befriedigende Wiedergabetreue der einzelnen Tonhöhen heraus (Abb. 117).

Für das eigentliche Experiment fanden schließlich nur 10 Frequenzen von 2 bis 20 kHz in 2-kHz-Schritten Verwendung.

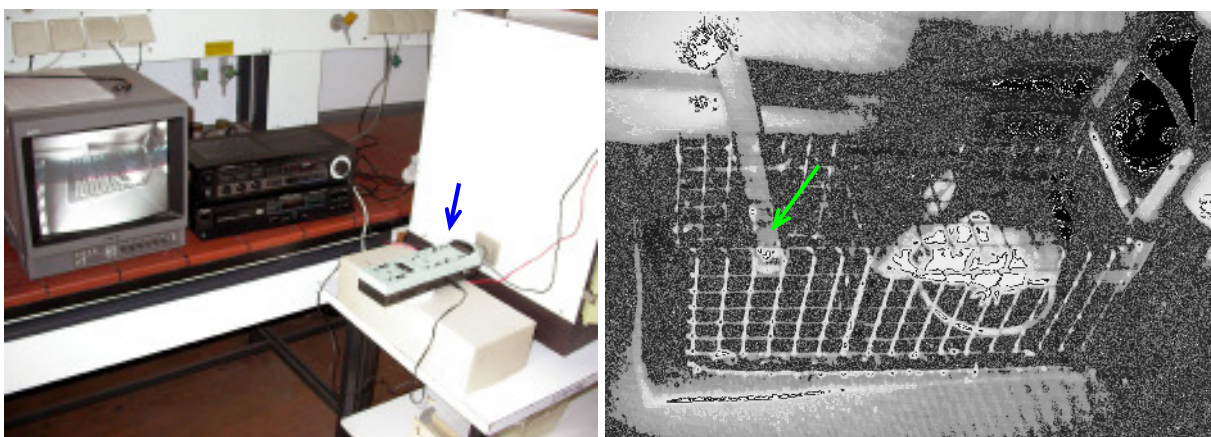


Abb. 115 (links): Überwachungsmonitor, daneben CD-Player mit Verstärker und Schallpegelmessgerät (blauer Pfeil).

Abb. 116 (rechts): Monitorbild, das eine Waldmaus im Test in ihrer modifizierten Käfigfalle zeigt. Der grüne Pfeil markiert das Messmikrofon. Die Maus sitzt in völliger Dunkelheit, die Beleuchtung geht von der IR-Leuchte aus.

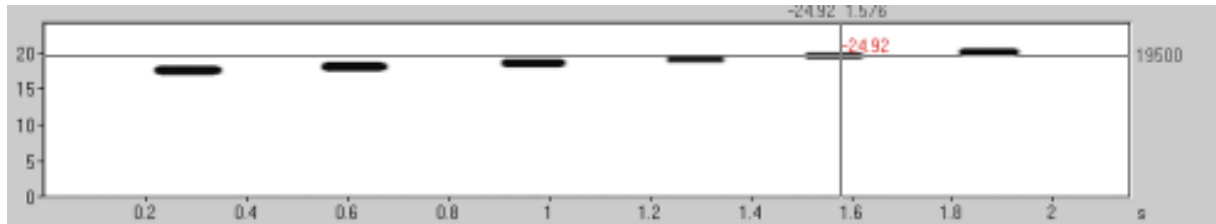


Abb. 117: Ausschnitt (Screenshot) aus der Testreihe zur Überprüfung der Wiedergabetreue von CD-Player, Verstärker und Lautsprechern in der akustischen Box. Die von der CD stammenden Tonimpulse wurden mit einem DAT-Recorder aufgezeichnet, in einen PC überspielt und durch das Soundanalyseprogramm SASLab grafisch reproduziert (die Abbildung ist ein Screenshot des entsprechenden Sonagramms). Die Impulse entsprachen exakt den Anforderungen. Abgebildet sind hier, von links nach rechts, die jeweils 0,18 Sekunden langen annähernd reinen Sinustöne von 17,5 kHz bis 20 kHz (Abszisse: lfd. Sekunden, Ordinate: kHz).

13.2.1 Versuchsablauf

Jedes Versuchstier ($n_{\text{gesamt}} = 25$, $n_{\text{HBF-M}} = 11$; $n_{\text{Vgl-M}} = 14$) wurde ca. 10-15 Minuten vor Beginn



Abb. 118: Die Waldmäuse in die Versuchsfallen zu bekommen, konnte nur unter Zuhilfenahme eines hohen Kartons gelingen, aus dem die agilen, sprungstarken Tiere nicht zu fliehen vermochten.

der Versuchsreihe von seinem Wohn- in einen Versuchskäfig überführt (Abb. 118). Damit die Aufregung der Probanden sich legte, kamen sie sodann für einige Minuten in einen abgedunkelten Behälter und erst danach zum Test in die akustische Box. Vor und während der Prozedur wurde auf Auffälligkeiten in Verhalten oder Erscheinungsbild geachtet. Offensichtlich kranke oder phlegmatische Tiere verwendeten wir nicht. Nachdem die Maus in die akustische Kammer verbracht und die Türe geschlossen worden war, wurde dem Tier eine Eingewöhnungszeit gewährt. Sobald es nach äußerem Anschein zur Ruhe gekommen war, was oft nur einige Sekunden dauerte, begann der Versuch. Waldmäuse, die auch nach zwei Minuten nicht ruhig waren oder gar den Boden des Versuchskäfig annagten,

wurden entnommen und ihr Test aufgeschoben.

Jeder Einzelversuch pro Tier sah die Testung einer Frequenz vor, die wir zufällig aus dem Pool der bis dahin noch nicht verwendeten Frequenzen des Spektrums von 2-20 kHz (in 2-kHz-Schritten) wählten. Der Anfangsschallpegel, jener also des ersten Impulses, lag bei ca. 95 dB, in der Folge wurde abgeregelt. Dabei konnten wir mit dem Lautstärkereglern des Verstärkers die geplante Schrittfolge von 3 dB nicht exakt einhalten. Dieses Manko konnte aber durch die genaue Messung des Soundereignisses „ex post“ mittels des Schallpegelmessgerätes mit Frequenzfilter kompensiert werden, so dass die schrittweise Dämpfung des Schalldrucks um den 3dB-Wert pendelte und später eine Mittelwertbestimmung problemlos möglich war.

Die Startle-Reflexe der Testmaus wurden am Monitor beobachtet und durch zwei Beobachter protokolliert (Formblatt siehe Anhang 4). Wenn das Auftreten oder Ausbleiben des Reflexes unsicher war, sollte der gleiche Ton höchstens zwei Mal im Abstand einiger Sekunden wiederholt werden. War auch nach dreimaligem Vorführen desselben Tons keine definierbare äußere Reaktion durch *beide* Beobachter mehr feststellbar, wurde die entsprechende Lautstärke als Untergrenze/Bereich der Reaktionsschwelle gewertet. Um eine Reizermüdung ausschließen zu können, werteten wir einen Durchgang erst dann, wenn die Waldmaus bei einer Erhöhung der Amplitude (um ca. 5 dB) wieder mit einem Startle-Reflex antwortete. Bei der Auslösung des Tonimpulses achtete der Versuchsleiter am CD-Player darauf, keinen Rhythmus entstehen zu lassen.

Pro Versuchstag gingen wir mit jedem Mausindividuum höchstens drei verschiedene Frequenzen durch. Zwischen den einzelnen Versuchen lagen Pausen von mindestens 10, meistens aber über 30 Minuten. Jede Maus hatte somit nach 4-5 Versuchstagen sämtliche Frequenzen einmal durchlaufen. Nach einigen (4-6) Wochen wurden die Versuchsreihen mit denselben Mäusen wiederholt, insgesamt dauerten die Experimente von Ende April bis Mitte August 2004.

13.2.2 Statistische Auswertung

Die protokollierten frequenzabhängigen Reizschwellenlautstärken (dB) wurden dB-Blöcken mit jeweils drei ganzen dB-Werten zugeordnet („Triaden“; Triade 99: 100-98 dB, Triade 96: 97-95 dB, Triade 93: 94-92 dB, usw.). Da jede Maus zweimal die komplette Testreihe über zehn Frequenzen durchlief, konnten die Schwellenlautstärken differieren. Es wurde in diesen Fällen dann der geringere der zwei dB-Werte ausgewählt. Auf diese Weise entstanden für jede Maus aus zwanzig Versuchen zehn dB-Werte, die jeweils einer definierten dB-Triade zuzuordnen waren. Ein Beispiel zum besseren Verständnis: Erfolgte bei 10 kHz die gerade noch sichtbare Reaktion eines Versuchstiers im ersten Test bei 62 dB, wurde das Ergebnis der Triade 63 zugeordnet (64-62 dB). Lag der Wert beim zweiten Durchlauf derselben Frequenz einige Wochen später bei 67 dB, war die Triade 66 betroffen (67-65 dB). Es wurde dann der niedrigere Wert berücksichtigt, in diesem Beispiel also 63 dB.

Tab. 44: Beispiel für die Ergebnistabelle der Versuche mit dem Preyer- und Startle-Reflex; die Ergebnisse zeigen die Werte für die Testgruppe der Bahnhofsmause bei 10 kHz. Der Mittelwert gehört zur dB-Triade 63.

10 kHz	
Nr. der Testmaus	Schalldruck in Pa (niedrigerer Wert aus zwei Versuchsreihen)
56	0,03991
57	0,02825
58	0,01416
59	0,02825
86	0,02000
92	0,02000
94	0,03991
95	0,02825
97	0,03991
98	0,02825
100	0,05637
Mittelwert	0,0312
n	11
Mittelwert Pa umgerechnet in dB	63,86

Im nächsten Schritt wurden die Schallpegel in Schalldrücke (Pascal, Pa) umgerechnet. Die dazu nötige Formel lautet: $p(\text{Pa}) = p_0 \cdot 10^{\frac{L_p(\text{dB SPL})}{20}}$, wobei $p(\text{Pa})$ den Schalldruck in Pascal, p_0 den akustischen Bezugswert in Luft (= 20 μPa , = 0,00002 Pa) und L_p (dB-SPL) den unbewerteten Schalldruckpegel in dB ausdrückt. Nachdem die einzelnen, jeweils einem Versuchstier zuzuordnenden Schalldrücke pro Frequenz zu einem Mittelwert verrechnet worden waren, erfolgte die Rückrechnung dieses Mittelwerts in den Schallpegel (siehe als Beispiel Tab. 44). Die Formel dazu: Schalldruckpegel (dB) = $20 \cdot \log(p_x/p_0)$, wobei p_x den mittleren Schalldruck darstellt.

Die Nullhypothese lautete: Es liegt kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den sich aus den jeweiligen Mittelwerten ergebenden Startle-Reflex-Kurven vor, beide Populationen zeigen dieselbe Empfindlichkeit gegenüber lauten, impulshaften akustischen Stimuli.

13.3 Ergebnisse

Es zeigte sich, dass die Waldmäuse bei sehr großen „Lautstärken“, also Schallpegeln von über 90 dB in verschiedene Schreckreflexbewegungen äußerten. Oft zuckte dann der ganze Körper, die Pinnae wurden deutlich nach hinten bewegt, fast angelegt, die Augenlider schlossen sich mindestens teilweise. Bei geringeren Pegeln war nur noch der Preyer-Reflex gut erkennbar, so dass er für die Versuche wie erwartet die überragende Bedeutung hatte.

Abbildung 119 veranschaulicht die Kurven des je Frequenz niedrigsten, noch einen Schreckreflex auslösenden Schallpegels (gemittelt aus den zugeordneten Triaden) der beiden getesteten Gruppen: (1) Bahnhofsmäuse und (2) Vergleichsmäuse aus naturnahen Lebensräumen. Es zeigt sich, dass die Kurven über fast den gesamten Verlauf gleichsinnig verlaufen und sich nicht kreuzen. Lediglich bei 2 kHz und 18 kHz liegen die Werte völlig oder fast übereinander, in den anderen Bereichen schienen die Bahnhofsmäuse eine etwas höhere Reflexschwelle zu haben. Die größten Differenzen (> 3 dB) traten bei 8, 10 und 20 kHz auf. Allerdings waren die Unterschiede je Frequenz statistisch nicht signifikant (T-Test, $p > 0,05$), lediglich bei 10 kHz ergab sich eine Tendenz ($p = 0,066$; siehe Tab. 45a/b für die Einzelwerte).

Aus den beiden Reflexkurven (Abb. 119) der zwei Waldmausgruppen können die arithmetischen Mittelwerte in Abbildung 120 zusammengefasst dargestellt werden, da es zwischen den Teilgruppen „HBF-Mäuse“ und „Vergleichsmäuse“ keine statistisch signifikanten Unterschiede gab. Der Verlauf der Kurve ist praktisch gegenüber den Einzelkurven aus Abbildung 119 unverändert. Bei 2 kHz reagierten die Mäuse nur bei sehr hohen Lautstärkepegeln (im Mittel bei ca. 94 dB). Die vom Schallpegel abhängige Reaktionsschwelle sank danach kontinuierlich bis 10 kHz, wo die Waldmäuse im Schnitt noch bei 61 dB einen sichtbaren Startle-Reflex zeigten. Nach unseren Versuchen war also

bei 10 kHz das absolute Minimum, die absolute untere Reflexschwelle erreicht. Von 12 kHz bis 20 kHz blieben die Reflexschwellen zwischen 67 und 72 dB relativ gleich.

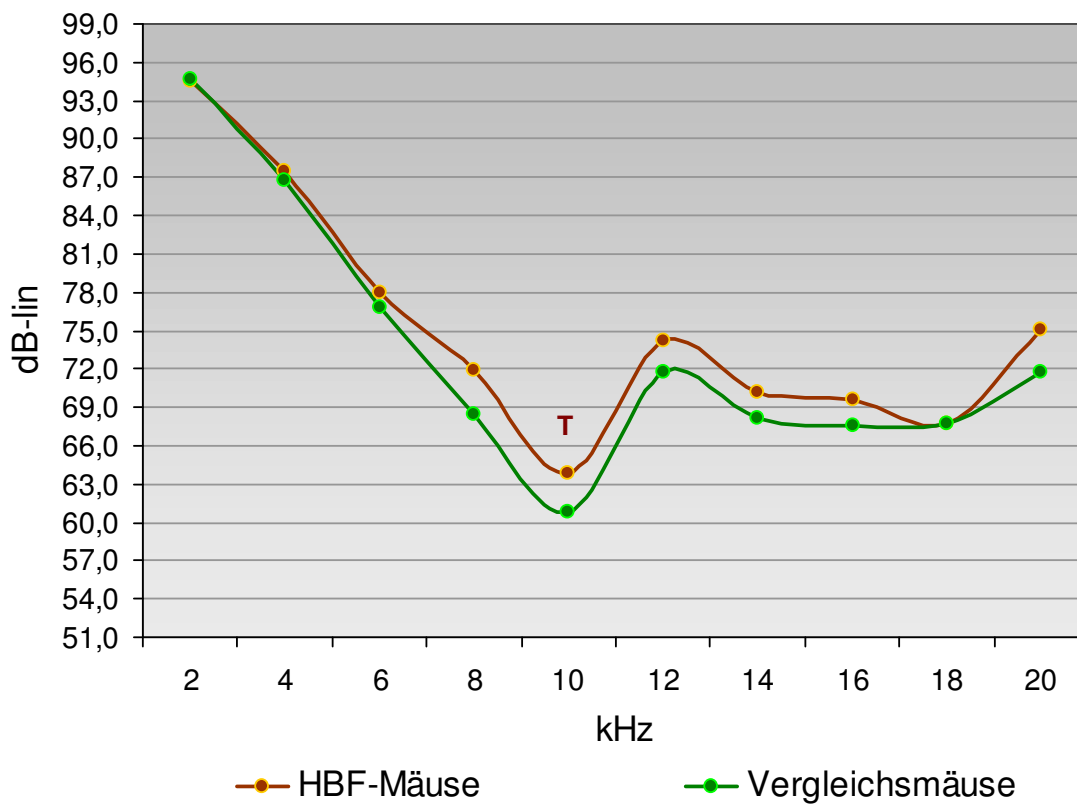


Abb. 119: Startle-Reflexschwellen je Frequenz in Abhängigkeit vom Schallpegel (dB) bei zwei Gruppen (HBF, n = 11, Vergleichslebensräume, n = 14) von *A. sylvaticus*. Die Unterschiede je Frequenzpunkt waren insignifikant, lediglich bei 10 kHz lag eine Tendenz (T) vor (siehe auch Tab. 45a/b).

Tab. 45a: Statistische Auswertung des frequenzabhängigen Startle-Reflexes (**2-10 kHz**) auf einen auditiven Stimulus. Angegeben sind die geringsten gemittelten Schalldrücke (Pa) und die daraus rückgerechneten Schallpegel (dB), bei denen noch eine reflexive Antwort erfolgte (siehe auch Abbildung 119).

Frequenz (kHz)	2	4	6	8	10
HBF-Mäuse					
Pa±Stabw.	1,057±0,485	0,473±0,177	0,158±0,085	0,079±0,057	0,031±0,012
dB	94,46	87,48	77,95	71,92	63,86
Anzahl Testtiere	9	11	10	11	11
Vergleichsmäuse					
Pa±Stabw.	1,090±0,634	0,433±0,464	0,138±0,086	0,053±0,027	0,022±0,012
dB	94,73	86,72	76,75	68,43	60,75
Anzahl Testtiere	14	13	14	14	13
T-Test, p	0,894 (T: -0,13, df: 21)	0,791 (T: 0,27, df: 22)	0,571 (T: 0,58, df: 22)	0,146 (T: 1,51, df: 23)	0,066 (T: 1,94, df: 22)

Tab. 45b: Statistische Auswertung des frequenzabhängigen Startle-Reflexes (12-20 kHz) auf einen auditiven Stimulus. Angegeben sind die geringsten gemittelten Schalldrücke (Pa) und die daraus rückgerechneten Schallpegel (dB), bei denen noch eine reflexive Antwort erfolgte (siehe auch Abbildung 119).

Frequenz (kHz)	12	14	16	18	20
HBF-Mäuse Pa±Stabw.	0,102±0,049	0,064±0,033	0,061±0,042	0,048±0,028	0,113±0,065
dB	74,16	70,12	69,65	67,69	75,06
Anzahl Testtiere	11	9	11	10	11
Vergleichsmäuse Pa±Stabw.	0,077±0,056	0,051±0,03	0,048±0,029	0,048±0,027	0,078±0,11
dB	71,70	68,12	67,65	67,69	71,78
Anzahl Testtiere	14	13	14	13	14
T-Test, p	0,253 (T: 1,17, df: 23)	0,344 (T: 0,97, df: 20)	0,389 (T: -0,88, df: 23)	0,998 (T: -0,003, df: 21)	0,352 (T: 0,95, df: 23)

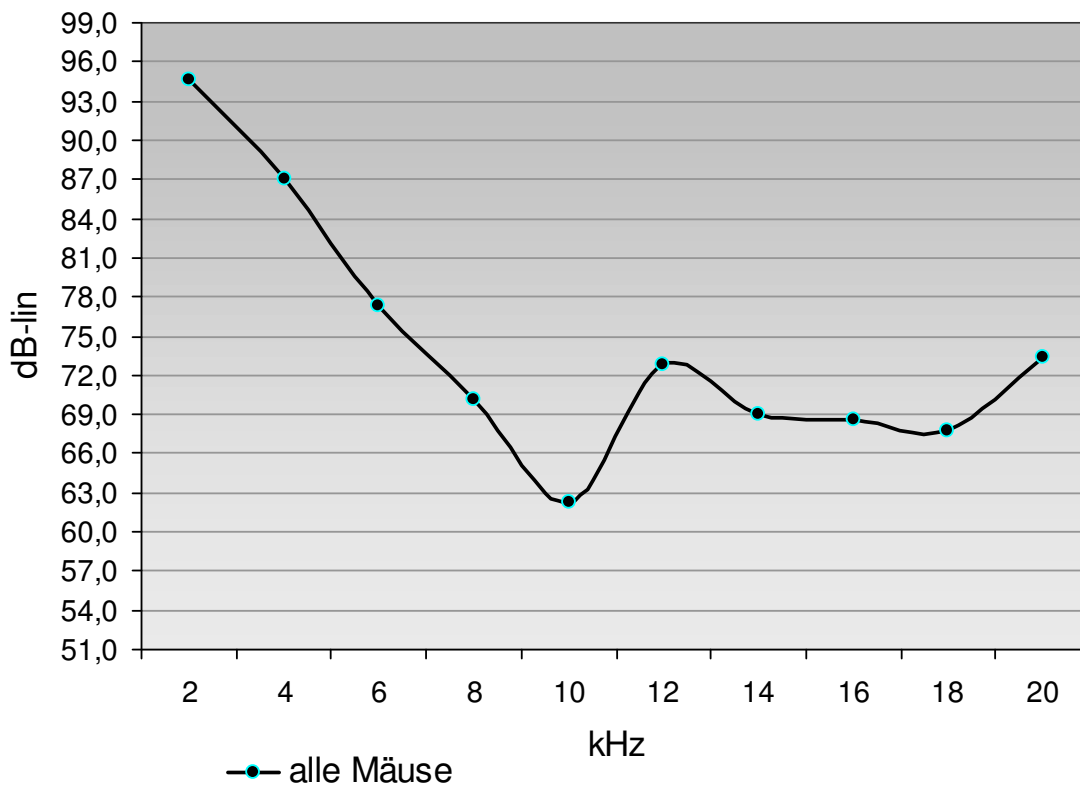


Abb. 120: Startle-Reflexschwellen von *A. sylvaticus* aus Essen (n = 25) je Frequenz in Abhängigkeit vom Schalldruck (dB-lln).

13.4 Diskussion

An Hausmäusen beobachtete FRANCIS (1979) in seinen Versuchsreihen, welche den unseren methodisch sehr nahe kamen, bestimmte Ausprägungen der Startle-Reflexe, die auch wir feststellten. Seiner und meiner Bewertung folgend, machen sich starke (sehr deutlich sichtbare) Reiz-Reaktionen durch ein rasches, weitgehendes Zurückklappen der Pinnae, gelegentlich bis hin zum Anlegen an den Schädel, bemerkbar, wobei die

Ohrmuscheln sich danach nur verzögert wieder aufrichten und der Vorgang von Körperzucken und Lidschluss begleitet werden kann. Diese markante Form trat vornehmlich bei Schallpegeln zwischen 85 und 95 dB auf. Bei niedrigeren Pegeln nahm der Weg, den die Pinnae als Folge des Tonimpulses während der Schreckbewegung zurücklegten, immer weiter ab, eine verlangsamte Wiederaufrichtung der Ohren war nicht mehr zu erkennen, andere Körperteile, von den Vibrissen an der Schnauzenspitze abgesehen, blieben unbeteiligt. Weil der Ohrmuschelreflex, zumal bei den „leiseren“ Impulsen, die Hauptrolle spielte, verwende ich im Weiteren überwiegend den Begriff *Preyer-Reflex* (PR), selbst wenn sich in Einzelfällen das Schreckzucken der Waldmäuse wie beschrieben auch in anderer Weise äußerte.

Der Ohrmuschelreflex nach PREYER ist als allgemeiner Teststandard zur Feststellung von (groben) Hörschäden oder experimentell bzw. zuchtbedingt gewollten Dysfunktionen des akustischen Apparates anerkannt (z.B. WALGER et al. 1985, BÖHMER 1988, KEATS et al. 1995, KIERNAN ET AL 1999, JERO et al. 2001, SKJÖNSBERG et al. 2005). Bei einem Vergleich von zwei Labormausformen (Wildtyp versus Mutanten mit cochleärem Gendefekt), konnte der Nachweis eines Hörverlustes bei den gezielt genmanipulierten Tieren unter anderem mittels des PR erbracht werden, in dem die Tiere mit einem Schallsignal im Frequenzband 10-18,5 kHz und einem Schalldruck von 90 dB abwärts (sukzessive in 10 dB Schritten) getestet wurden. Während die Wildtypen ihre (beobachtbare) Reflexschwelle erst bei 62 dB-SPL erreichten, lag dieser Grenzwert bei den Mutanten schon bei 71 dB-SPL (PHIPPARD et al. 1999). Der später morphologisch an den Cochleae klar festzustellende genetische Defekt bildete sich also auch ethologisch ab.

Indes: Keine Bedeutung ist dem in Rede stehenden Verfahren für die Ermittlung der frequenzabhängigen *Hörschwellen* beizumessen. Abbildung 121 verdeutlicht diese Aussage. Die horizontalen Abstände der Kurvenverläufe von 0 dB – mindestens 50 dB – bestätigen auf den ersten Blick die kritische Aussage von MARKL & EHRET (1973, S. 181), wonach „der Preyer-Reflex gänzlich ungeeignet ist, um über die wirkliche Schwellenempfindlichkeit von Mäusen Aufschluß zu geben.“ Die Frage ist freilich, ob jemand das Gegenteil ernsthaft behaupten wollte. Denn wie MARKL & EHRET selbst klarstellten, liegen ja die auslösenden Reize von Verhaltensreaktionen nicht auf oder nahe an der Wahrnehmungsschwelle, sondern sie benötigen eine bestimmte, höhere Intensität. Genau dieser Umstand trifft nun auf den PR zu, der gleichsam die „Schrecksekunde“ (Startle-Reflex) darstellt, welche eine bestehende Handlung unterbricht und somit einer eventuellen Flucht vorausgeht. Insofern müssen grafische Darstellungen von Schwellenwertkurven, die auf dem unwillkürlichen Zucken der Pinnae beruhen, gegenüber den eigentlichen Hörkurven (die frequenzabhängig die Wahrnehmungsschwellen abbilden) deutlich „nach oben“, in den Bereich höherer Schallpegel verschoben sein. Entscheidend ist die Frage, ob die Kurvencharakteristik trotz dieser Verschiebung erhalten bleibt. Bevor diese Frage beantwortet wird, gehe ich zunächst nochmals auf die PR-Kurven jener Studien ein, auf denen Abbildung 121 beruht.

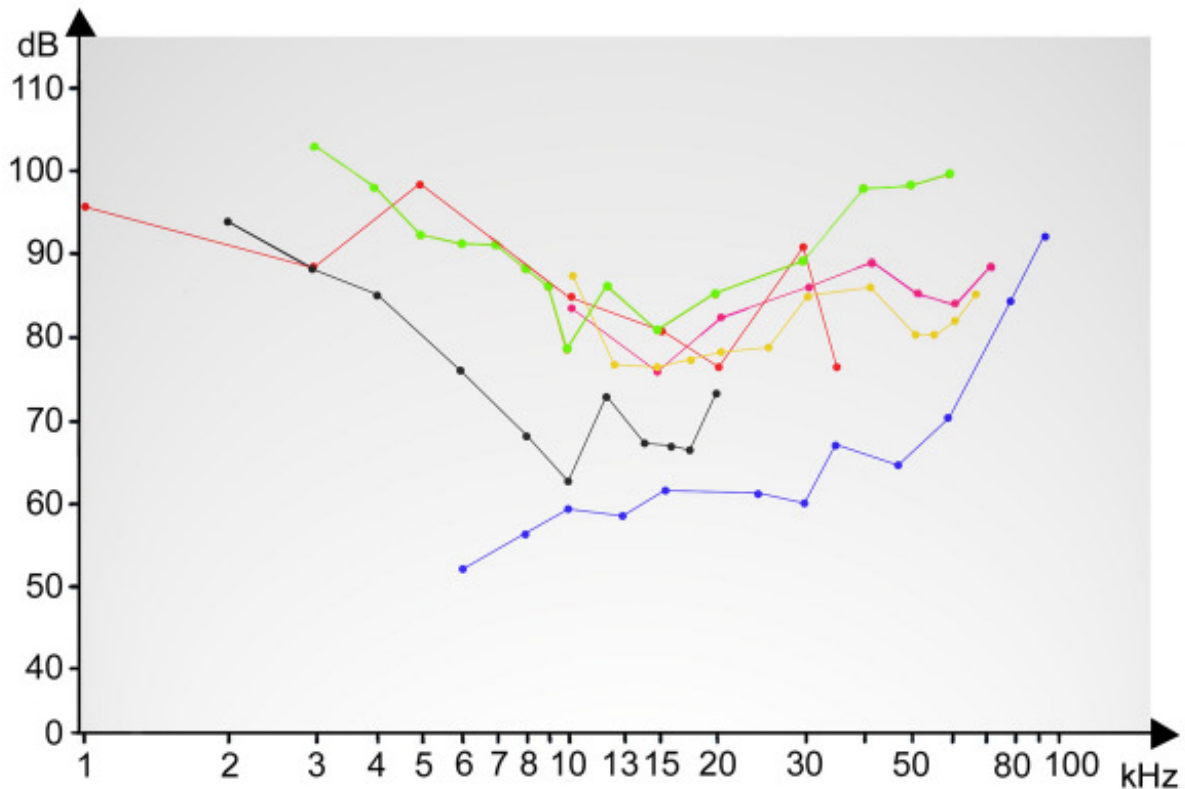


Abb. 121: Synopsis der mit verschiedenen Methoden gewonnenen Schwellenwertkurven des Preyer-Reflexes bei Muridae. Farbige Kurven: Hausmaus (*Mus* sp.), nach auf Literaturdurchsicht beruhenden Darstellungen von MARKL & EHRET (1973; rote, grüne und blaue Linie) sowie Originalangaben von FRANCIS (1979, gelbe und rosafarbene Linie). Schwarze Kurve: Waldmaus (*A. sylvaticus*) aus vorliegender Arbeit (vgl. Abb. 120).

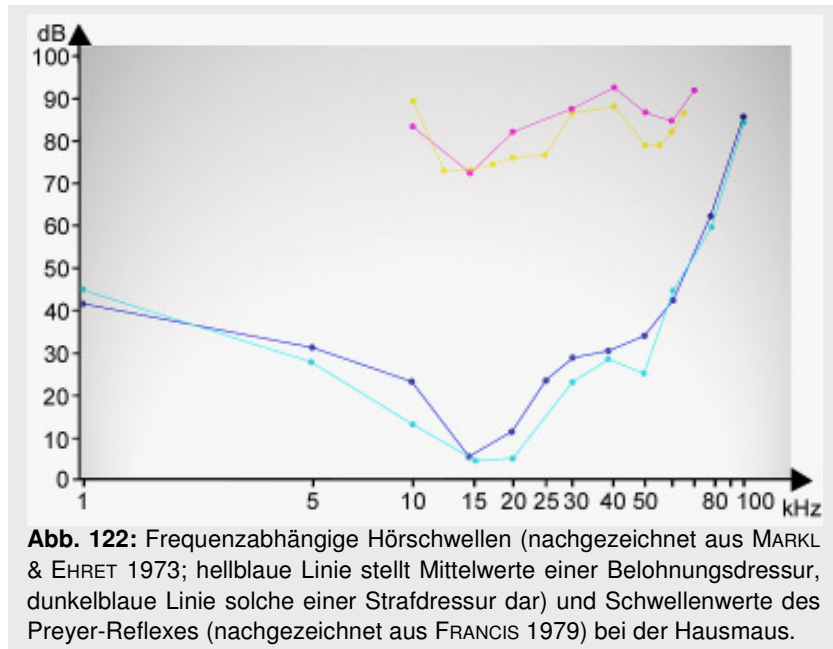
Die verschiedenen Methoden der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen können zwanglos für die divergierenden Werte in Abbildung 121 verantwortlich gemacht werden. Bei genauerer Betrachtung lassen sich aber doch gewisse Parallelen erkennen. So stimmen die rote und die grüne Linie grob, die rosafarbene und die gelbe Linie ziemlich genau überein. Sie alle indizieren eine niedrige oder sogar absolute untere Reflexschwelle der Hausmaus im Bereich 15-20 kHz. Aus dem Rahmen fällt allerdings die blaue Kurve. MARKL & EHRET (1973) verweisen darauf, dass der Originalautor der zugrunde liegenden Experimente (SCHLEIDT 1952) „offenbar“ Wildmäuse verwendete, während in anderen Studien (rot und grün dargestellt) Labormäuse geprüft worden waren, und Wildfänge von *M. musculus* hätten womöglich ein sensibleres Gehör. Dies würde zu unserem Befund passen, denn auch die schwarze Reflexkurve unserer urbanen Waldmäuse liegt hinsichtlich der Schallpegel deutlich unter den Hausmauskurven und auf gleichem Niveau wie der Graph SCHLEIDTS. Allerdings wird diese Betrachtungsweise nicht gestützt durch die Untersuchungen von FRANCIS (1979): Die gelbe und die rosafarbene Kurve sind seiner Arbeit entnommen, beide liegen absolut im Bereich der Laborzuchten und beruhen dennoch auf wilden (2-4 Monate alten) Hausmäusen.

Jedenfalls zeigt sich, dass die reflexive Antwort durchaus nicht nur vom Schallpegel (im weiteren Sinne der „Lautstärke“), sondern auch von der Tonhöhe (Frequenz) abhängt. Beachtenswert ist der sich weitgehend entsprechende Verlauf der beiden Audiogramme

(gelb und rosa) von FRANCIS (1979) im Bereich von 10 bis 80 kHz, der Ergebnis zweier gleichartiger Versuchsreihen mit wilden Hausmäusen ist (die gelbe – untere – Linie beruht auf einer geringeren Stichprobe von drei statt sieben Mäusen und umfasste einige Testfrequenzen mehr). Diese Parallelität spricht ebenso wie jene unserer Studie an zwei Gruppen von Waldmäusen (Abb. 119) für die begründete, reproduzierbare Frequenzabhängigkeit von Preyer-Reflex-Kurven (PRK), wenn nur die Methoden adäquat sind. Mehr noch: Es lässt sich ein klarer Zusammenhang zwischen Hörschwellenkurve und PRK herleiten, wenn wir nun die Hörkurve der Hausmaus noch in die Betrachtungen einbeziehen. Die nachgerade erstaunliche, obgleich „lautstärkeverschobene“, Übereinstimmung der Kurven aus Abbildung 122 mag in der Akkuratessse der jeweiligen Versuchsanordnungen ihre Begründung finden. MARKL & EHRET (1973) trainierten Labormäuse (NMRI) darauf, bei Wahrnehmung eines frequenzabhängigen Lautes entweder eine Belohnung entgegenzunehmen (Wassergabe, positive Konditionierung), oder, bei einer anderen Gruppe, einen Schadreiz zu vermeiden (negative Konditionierung). Straf- und Belohnungsdressur mittels operanter Konditionierung werden als aufwändige, indes praktikable und adäquate Methoden zur Erstellung arttypischer Hörschwellenkurven angesehen (HEFFNER et al. 1971, 1994, MARKL & EHRET 1973). Elektrophysiologische Methoden, etwa die Benutzung cochlearer Mikrofonpotentiale (z.B. BROWN 1973) oder die Verwendung des ABR (auditory brain stem response, z.B. IKEDA et al. 1999), lassen zwar Aussagen über die örtliche neuronale Verarbeitung von – in diesem Falle – akustischen Reizen zu, der weitere (corticale) bzw. gesamte akustische Apparat, inklusive nachgeordneter Filter, wird jedoch nur bedingt erfasst. Der ethologische Ansatz ist mithin ganzheitlicher. FRANCIS (1979) legte bei seinen Experimenten mit verschiedenen Kleinnagern betont viel Wert („rigorous care“) auf eine sehr genaue Beobachtung der tierischen Probanden, um die Zuckbewegungen der Pinnae zweifelsfrei feststellen zu können. Die Versuchstiere wurden z.B. in fixe Halterungen gezwungen, um die Ausrichtung des Kopfes zu normieren, und die Feststellung der akustisch evozierten Reflexantworten erfolgte mit Hilfe einer Handlupe. Der betriebene Aufwand kam damit dem unseren nahe und dürfte, nicht zuletzt aufgrund fortgeschrittener technischer Möglichkeiten, höher gewesen sein, als jener älterer Studien (z.B. SCHLEIDT 1952). Hier mag der Grund zu suchen sein, weshalb die Resultate von FRANCIS (1979) so gut zu den Befunden von MARKL & EHRET (1973) passen. Und daraus schließlich, lässt sich auch die Qualität unserer Ergebnisse ableiten. Da die Waldmaus ökologisch wie auch von der Körpergröße her der weit besser untersuchten Hausmaus ähnelt, können die Erkenntnisse, zumindest annähernd, übertragen werden. In Abbildung 121 fallen die einander sehr weitgehend entsprechenden Kurvenverläufe aus unserer Studie (schwarz) und einer Arbeit von NIAUSSAT (zit. in MARKL & EHRET 1973) über die Hausmaus (grün) auf. Dieser Umstand ist als Hinweis auf die ähnlichen auditiven Potenziale beider Muridae zu werten.

Der Parallelverlauf der Graphen in Abbildung 122 ist die grundlegende argumentative Unterstützung für die Behauptung, dass lärmbedingte Hörschäden sich nicht nur an Veränderungen der Hörschwellen ablesen lassen, und sich mithin als „Schwerhörigkeit“ bemerkbar machen, sondern auch, dass sie die auditiven Reflexschwellen beeinflussen

müssten. Ob dies in etwa gleichmäßig geschieht, ob also die Reflexkurve bei Vorhandensein einer Schwerhörigkeit um denselben Dezibelbetrag nach oben verschoben würde wie die Hörschwellenkurve, ist damit jedoch nicht gesagt. Es sollte sich gleichwohl ein Effekt messen lassen, indem schwerhörige Mäuse auch schwerer



(also erst durch Aufwändung höherer Schallenergie!) zu „erschrecken“ sind. Dieses Erkenntnis auf unsere Waldmäuse angewendet, lautet der Befund allerdings: Die Startle- bzw. Preyer-Reflexkurven aus Abbildung 119 verlaufen fast absolut parallel zueinander (was, wie gesagt, für die Methode spricht). Für die reflexive Reaktion auf die akustischen Reize benötigten die Bahnhofsmäuse zumeist 1-3 dB mehr als die Vergleichsmäuse, woraus man eine gewisse Tendenz ableiten mag. Diese Differenzen ließen sich statistisch aber nicht begründen. Keineswegs ist aus unseren Ergebnissen ein Hinweis auf lärmbedingte Hörschäden bei Gleismäusen abzuleiten.

Mit unserer Versuchsanordnung lassen sich nur Aussagen über den tieffrequenten Anteil des Hörbereichs der Waldmaus treffen. Immerhin jedoch haben wir zweifelsfrei den Bereich des besten Hörens der Waldmaus abgedeckt, der dem der Hausmaus ähneln muss – und der liegt bei ca. 15 kHz. Wie wir festgestellt haben, findet die Lärmbelastung am HBF Essen im wesentlichen zwischen 1 und 10 kHz statt und erreicht infolgedessen nur in Ausnahmefällen das Optimum der akustischen Sensitivität von *A. sylvaticus* (→ Kap. 2.2.3.1).

14 Olfaktorisches Experiment: Prädator-Geruchstest

14.1 Einleitung

Tiere können nicht nur die Duftspuren ihrer Artgenossen identifizieren, sondern auch solche, die z.B. ihre Prädatoren hinterlassen. Auf olfaktorischen Informationen beruhendes Ausweichverhalten insbesondere von Kleinsäugetern gegenüber Fressfeinden ist Gegenstand vieler wissenschaftlicher Arbeiten (z.B. STODDARD 1976, GORMAN 1984, STODDARD & SALES 1985, SULLIVAN et al. 1988, JEDRZEJEWSKI et al. 1993, BARRETO & MACDONALD 1999, JONSSON et al. 2000, BLUMSTEIN et al. 2002). Danach gibt es drei Gruppen: (1) Tiere, die keine olfaktorisch begründete Feindvermeidung zeigen, (2) Tiere, die Scheu oder Vermeidung erlernen müssen, (3) Tiere, denen das in Rede stehende Verhalten angeboren ist. Känguruhs (*Macropus*, *Thylogale*) gehören beispielsweise zur zweiten (BLUMSTEIN et al. 2002), Ostschermäuse (*Arvicola terrestris*) zur dritten Gruppe (BARRETO & MACDONALD 1999).

Eine Möglichkeit, die Anwesenheit eines Beutegreifers experimentell hervorzurufen, ist, dessen Geruch zu benutzen und die Reaktionen des potenziellen Beutetiers aufzunehmen (z.B. WARD et al. 1997, ROBERTS et al. 2001). In Anlehnung daran arbeiteten wir in ähnlicher Weise mit den Waldmäusen. Wir müssen auf Basis der in Kapitel 4.3.2 präsentierten Ergebnisse annehmen, dass Mäuse vom Hauptbahnhof keinem oder nur einem geringen Prädationsdruck ausgesetzt sind. Wenn *A. sylvaticus* zur zweiten der oben genannten Gruppen gehörte, wenn also dem olfaktorischen Feindvermeidungsverhalten erst ein Lernprozess vorausgehen müsste, dann sollten sich die „naiven“ Bahnhofsmäuse auch ethologisch von ihren parkbewohnenden Artgenossen trennen lassen. Zählte die Waldmaus indes zur dritten Gruppe und müsste das Verhalten nicht erworben werden, bliebe der Ansatz gleich, denn auch angeborene Eigenschaften werden durch Erfahrungen verfeinert und gefestigt (vgl. FRANCK 1997), so dass trotz gemeinsamer genetischer Grundlage Unterschiede zwischen erfahrenen und naiven Tieren einer Art messbar sein sollten. Es liegen Hinweise vor, dass die Waldmaus ausweichend auf Geruchsstoffe vom Fuchs (DICKMAN & DONCASTER 1984) reagiert.

Als „Testprädatoren“ wählten wir einen Repräsentanten der Marderartigen, das Frettchen (*Mustela putorius f. furo*), die domestizierte Form des Iltis (*M. putorius*). Dieser Mustelide wurde z.B. auch von ROBERTS et al. (2001) eingesetzt, um die Reaktionen von Labormäusen auf das simulierte Prädationsrisiko zu testen.

14.2 Material und Methoden

Wir verwendeten insgesamt 18 adulte Waldmäuse (acht vom HBF, zehn Vergleichsmäuse) für das Experiment. Die Tiere wurden alle bis zu zwei Wochen nach dem Fang in einem

ruhigen Raum unserer Abteilung in Makrolon-Kleintierkäfigen gehalten, die meisten paarweise, einige zu dritt. Futter- und Wassergaben erfolgten ad libitum, allerdings wurden keine Mohrrüben gereicht.

Die eigentliche Versuchsanordnung war ein transparentes Plexiglaslabyrinth, das durch eine in der Mitte eingezogene, opake feste Wand in zwei gleichgroße und symmetrische Hälften (60 cm x 40 cm x 5 cm) geteilt wurde (Abb. 123). In jeder dieser Hälften befanden sich zwei Kammern oder Boxen, die als Futterkammern genutzt werden konnten. Eine davon wurde mit Geruchsmarken eines Prädators (Petrischale mit Fäzes und Käfigeinstreu aus Sägespänen), die andere mit äquivalentem Material einer ungefährlichen Tierart versehen. Der Feindgeruch stammte von Frettchen, der „Neutralgeruch“ von Hauskaninchen (vgl. JONSSON et al. 1999), beide aus privater Haltung. Einstreu und Fäzes wurden über den Verlauf der Testreihe etwa 2 Wochen im Kühlschrank bei ca. 7°C aufbewahrt.

Neben die „Geruchsschalen“ legten wir außerdem vor jedem Durchgang große, etwa 5-8 cm lange Möhrenbruchstücke in die Kammern. Diese waren zuvor von uns abgewogen

worden und stellten eine überreichliche Futterquelle für die eine Testnacht dar. Auf diese Weise konnten zwei Verhaltensparameter gemessen werden: (1) Aufenthaltsdauer und (2) Menge der abgefressenen Nahrung je Kammer. Beides sollte beurteilen helfen, ob die Mäuse die Räume mit dem Frettchenduft meiden (dort also weder ruhen noch fressen), bevorzugen oder sich indifferent verhalten würden. Die beschriebene olfaktorische Ausstattung der je Maus nutzbaren zwei Kammern – Frettchen- vs. Kaninchengeruch – wechselte nach dem Zufallsprinzip.

Nachdem in jedes der Labyrinth eine Waldmaus eingesetzt und der Deckel abgeschlossen worden war, setzte die Beobachtung ein. Wir nutzten hierfür eine spezielle Ausrüstung aus Videorecorder mit Zeitraffermöglichkeit (Panasonic AG 6730), infrarotfähiger Kamera (ICD-47E, Ikegami Electronics Co.,Ltd.) und Infrarotquelle (IR LED Illuminator; Tracksys Ltd.); als Wiedergabemonitor fungierte ein Gerät von Panasonic (WV-BM 1410).

Der experimentelle Vorgang fand in der Dunkelheit und Stille eines kleinen Abstellraumes statt, um äußere Reize weitgehend ausschließen zu können. Die Aufzeichnungszeit startete jeweils nachmittags und endete anderntags etwa 18-24 Stunden später. Dann wurden die Futtermöhren gewogen und jeweils die Differenz zum „Startgewicht“ errechnet. Um dabei die genannten voneinander abweichenden

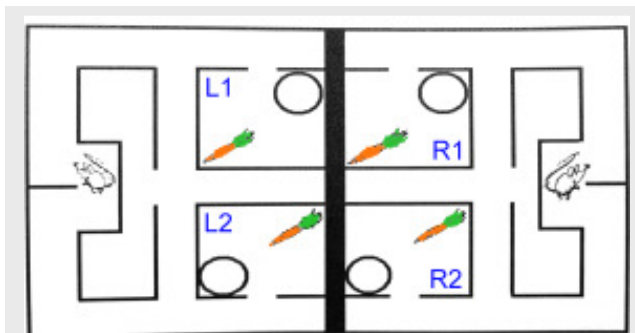


Abb. 123: Schematische Darstellung des transparenten Versuchslabyrinthes: zwei eigenständige Hälften mit jeweils zwei Futter- und Geruchskammern (L1, L2; R1, R2) als Auswahlmöglichkeiten für die Waldmäuse. Jede Kammer beinhaltet eine Karotte sowie eine Petrischale mit Frettchen- oder Kanincheneinstreu. Die Mäusesymbole bezeichnen die Stelle, wo die Versuchsmäuse jeweils eingesetzt wurden. Die Kantenlängen der gesamten Konstruktion sind 120 x 40 x 5 cm.

Versuchszeiträume einzukalkulieren, habe ich diese Differenzen alle auf Basis der tatsächlichen Zeitspannen standardisiert und auf 1.080 Minuten (= 18 h) umgerechnet.

Bevor später neue Waldmaus-Probanden eingesetzt werden konnten, säuberten wir das Labyrinth gründlich und wischten es mit 3%iger Essigsäure aus, um alte Geruchsspuren zu eliminieren.

Pro Maus häuften sich im Schnitt knapp 22 Stunden Videomaterial an. Da fast 400 Stunden auszuwerten von mir für dieses Experiment als nicht adäquat angesehen wurde, beschränkten wir uns in der Auswertung der Aufenthalte auf die ersten drei Stunden nach dem Start (Explorationsphase) sowie die Zeitspannen von 22 Uhr bis 1 Uhr und 4 bis 6 Uhr (Σ 8 h). Die Analyse des 144-stündigen Videomaterials geschah bei neunfacher Bandgeschwindigkeit, die Bewegungen und Laufwege der Tiere war so noch gut zu erkennen. Später erfolgte die Rückrechnung, um die Echtzeiten zu erhalten. Begab sich eine Maus (mit allen vier Pfoten!) in eine der beiden Futter-/Geruchskammern, wurde die darin verbrachte Zeit per Stoppuhr festgehalten. Aufenthalte im neutralen Bereich außerhalb der Futterboxen nahmen wir nicht auf.

Das Geruchsexperiment fand im September/Oktober 2004 statt. Jede Maus wurde nur einmal getestet. Die Ergebniswerte überprüfte ich mit dem T-Test auf Signifikanz.

14.3 Ergebnisse

Von den in jedem Durchgang mehr als ausreichend vorhandenen Möhren nagten die acht Bahnhofsmäuse in der Kammer mit Iltisgeruch im Schnitt $5,9 \pm 5,1$ g ab (nicht alles wurde verzehrt, die Karotten wurden oft vielmehr regelrecht zerlegt), in der „Kaninchenkammer“ waren es $6,3 \pm 7,0$ g, ein nicht signifikanter Unterschied ($p = 0,901$, $T = -0,126$, $df = 14$). Bei den zehn Vergleichsmäusen lag der Mittelwert des abgenagten Möhrenquantums in der „Iltiskammer“ bei $5,8 \pm 6,4$ g, in Gegenwart des Kaninchengeruchs bei $4,2 \pm 4,0$ g ($p = 0,493$, $T = 0,700$, $df = 18$). Betrachten wir nun die Unterschiede zwischen den zwei wie üblich in dieser Arbeit verglichenen Gruppen, dann ist an den genannten Grammwerten auch abzulesen, dass sich Bahnhofs- und Vergleichsmäuse in ihrem Fress- bzw. Nageverhalten nicht von der Gegenwart unterschiedlicher Gerüche, Iltis oder Kaninchen, leiten ließen (HBF- vs. Vergleichsmäuse für Iltisgeruch: $p = 0,989$, $T = 0,014$, $df = 16$; für Kaninchengeruch: $p = 0,435$, $T = 0,801$, $df = 16$).

Auch die pure Aufenthaltsdauer in der „Prädatorokammer“ lag, gleichgültig, welche Gruppen verglichen wurden, niemals bemerkenswert auseinander. Die Bahnhofsmäuse verbrachten von je 480 Auswertungsminuten im Mittel $98,1 \pm 130,4$ min (20,4%) in der „Frettchenstube“ und $151,3 \pm 141,4$ min (31,5%) in der Kammer mit Kaninchenstreu ($p = 0,447$, $T = -0,783$, $df = 14$). Den Rest von 230,6 Minuten (48,1%) blieben die Tiere im Neutralbereich des Labyrinthes. Bei den Vergleichsmäusen lagen die entsprechenden Werte

(in gleicher Reihenfolge) bei $190,6 \pm 165,4$ min (39,7%), $114,1 \pm 128$ min (23,8%) ($p = 0,262$, $T = 1,157$, $df = 16$), $175,3$ min (36,5%).

Da sich beide Gruppen also im Hinblick auf olfaktorische Hinweise auf Frettchen und Kaninchen nicht unterschiedlich verhielten, folgt nun in den Abbildungen 124 und 125 eine Gesamtschau. Sie verdeutlicht, dass Waldmäuse aus Essen keinerlei Präferenzen erkennen ließen, wenn sie die Möglichkeit erhielten, zwischen den Gerüchen eines Prädators oder eines ungefährlichen Tieres zu wählen.

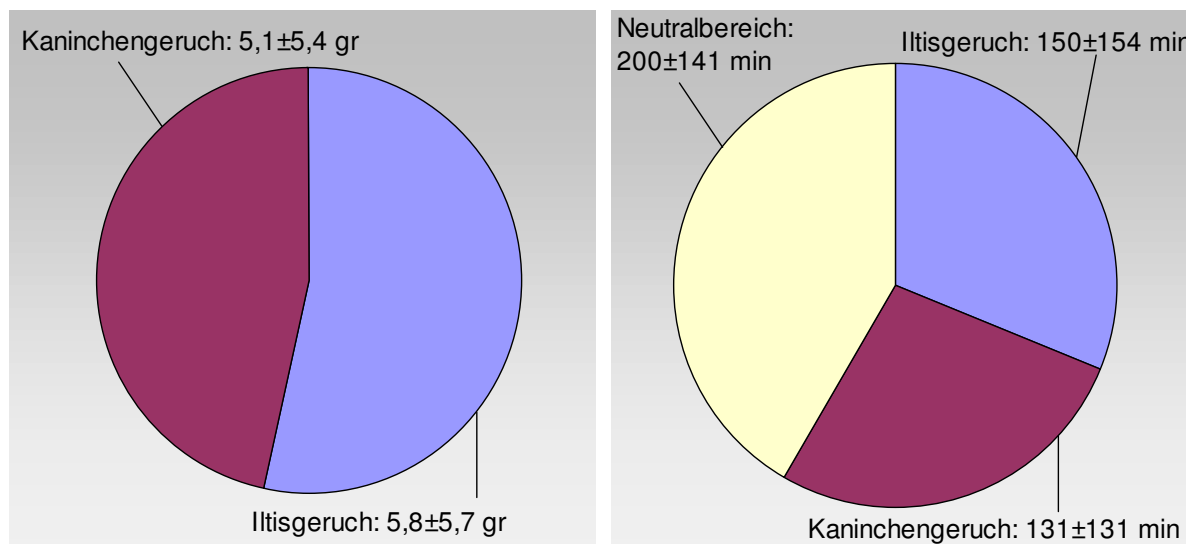


Abb. 124 (links): Verteilung der von Waldmäusen ($n = 18$) während 1.080 Versuchsminuten benagten Nahrung (Möhren; Mittelwerte \pm Standardabw.) in Gegenwart olfaktorischer Reize von Iltis oder Kaninchen. Der Unterschied war nicht signifikant ($p = 0,688$, $T = 0,405$, $df = 34$).

Abb. 125 (rechts): Aufenthaltsverteilung (Mittelwerte \pm Standardabw.) der Waldmäuse im Testlabyrinth. Die Differenz zwischen Iltis- und Kaninchenkammer ließ sich wiederum nicht statistisch absichern ($p = 0,695$, $T = 0,395$, $df = 34$).

14.4 Diskussion

Die zahlreichen Arbeiten über die Reaktionen von Kleinnagern auf die Präsenz des Geruches von terrestrischen Beutegreifern, auf die in der Einleitung dieses Kapitels verwiesen wurde, beziehen sich zum Teil zwar auf sehr verschiedene Verhaltensaspekte (Modifikationen von Reviermarkierungen, Ernährung, Balz etc.). Letztlich lassen sich aber alle untersuchten Verhaltensveränderungen ohne Weiteres unter dem Oberbegriff „Feindvermeidung“ zusammenfassen.

Man kann einwenden, dass die von mir getesteten Waldmäuse möglicherweise durchaus eine negative Reaktion (Ablehnung) auf die mit dem Duft eines Räubers „kontaminierte“ Kammer im Labyrinth zeigten, diese Reaktion aber aufgrund einer inadäquaten Versuchsanordnung nicht erfasst wurde. Gerade die erste Zeit des Versuchstiers im Labyrinth zeichneten wir ja nicht auf. Dadurch allerdings blieb das Explorationsverhalten vor einer einsetzenden Habituation zwangsläufig unberücksichtigt und

entscheidende Beobachtungsdaten könnten verloren gegangen sein. Andererseits glaube ich nicht, dass sich die Waldmaus (vorausgesetzt, sie kennt überhaupt ein olfaktorisch unterstütztes Feindvermeidungsverhalten!), oder ein vergleichbarer anderer Kleinsäuger, rasch an einen Prädatorduft gewöhnt oder sich ihm gegenüber schon nach kurzer Zeit indifferent verhält. Denn wenn Geruchsreize Gefahr implizieren (nämlich hier die mittelbare Gegenwart eines Beutegreifers), sollten sie auch nachhaltig oder jedenfalls deutlich länger wirksam sein als viel „kurzzeitigere“ akustische oder optische Hinweise. Dies gilt für unser Experiment umso mehr, als die Waldmäuse die Wahl hatten und nicht „gezwungen“ waren, zu habituierten und sich in der „Frettchenkammer“ aufzuhalten.

In einem eleganten Experiment gelang ROBERTS et al. (2001) der Nachweis, dass männliche Labormäuse mit einem angepassten Markierungsverhalten (scent-marking) auf die Gegenwart von Streu aus Frettchengehegen reagierten: Sie wurden vorsichtiger und ordneten somit ihr intrasexuelles Konkurrenzverhalten in gewissem Umfang dem Feindvermeidungsverhalten unter. (Der Vergleichsgeruch einer für die Mäuse unbedeutenden Tierart – notwendig, um auszuschließen, dass die bloße Gegenwart eines unbekanntes Geruchs die beobachtete Verhaltensänderung hervorrief – stammte übrigens von Nacktmullen, und tatsächlich ließen sich die Labormausmännchen davon nicht beeindrucken.)

Der Versuchsaufbau von ROBERTS und seinen Kollegen war gleich in zweierlei Hinsicht interessant. Erstens handelte es sich um Labormäuse („outbred strain TO“), also ohne Feinddruck aufgewachsene, in jeder Hinsicht „naive“ Tiere, bei denen auch eine



Abb. 126: Schlafnest einer Waldmaus in der Kammer mit Iltisgeruch (beachte das konzentrisch angeordnete Stroh). Gut zu sehen ist auch die stark benagte Futtermöhre.

prädatorenbezogene Verhaltensänderung im Vergleich zur Wildform von *Mus musculus* nicht ausgeschlossen werden kann. Zweitens war auch der Räuber selbst ein Haustier, wenngleich Frettchen noch viel vom Verhalten des Iltis in sich tragen, da sie andernfalls für ihre eigentliche Bestimmung, die Baujagd auf Wildkaninchen, ungeeignet wären. Die Vorsicht oder Scheu gegenüber dem unspezifischen Duft eines Kleinmarders ist also in *M. musculus* evolutionär verankert. Einen Hinweis auf die „universelle“

Wirksamkeit der von Musteliden ausgehenden Geruchsstoffe, die eine experimentelle Verengung auf eine Art (hier: Frettchen) rechtfertigt und trotzdem allgemeine Schlüsse zulässt, liefern auch BARRETO & MACDONALD (1999). Sie nutzten bei ihrer Arbeit mit *Arvicola terrestris* die Gerüche des Amerikanischen Minks (*Mustela vison*), eines Beutegreifers also, der erst seit jüngerer Zeit und durch menschliches Wirken mit der Ostschermaus sympatrisch und syntopisch lebt. Trotzdem reagierten die Schermäuse deutlich und offenbar

angeborenerweise auf die indirekt vermittelte Gegenwart des Minks. Auf dieser Grundlage argumentiere ich, wenn ich annehme, dass die Lage bei *A. sylvaticus* ganz anders ist. Unsere Versuchstiere reagierten weder positiv noch negativ auf die Nестeinstreu des (natürlichen) Feindes *M. putorius*, sie machten nicht einmal tendenzielle Unterschiede zwischen Iltis (Frettchen) und Kaninchen. Einige der Versuchstiere richteten sich in den mit Streu „ausgepolsterten“ Petrischalen sogar ihr Schlafnest ein (Abb. 126) und verblieben dort für Stunden. Der fremdartige, jedenfalls nicht walDMAUSTYPISCHE Geruch schreckte sie nicht ab. Im Kern gleichwertige Resultate erbrachten Versuche, in denen *Mustela erminea* (GORMAN 1984) und *M. nivalis* (STODDARD & SALES 1985) als „Duftspender“ verwendet wurden, wobei die Wissenschaftler dort, im Gegensatz zu uns, möglichst reines Analdrüsensekret der Kleinmarder für ihre Versuche benutzten.

Bei Waldmäusen ist die Fähigkeit, Angehörige der Carnivorengattung *Mustela* olfaktorisch zu identifizieren und ihr Verhalten daraufhin zu modifizieren, also offensichtlich nicht gegeben. *A. sylvaticus* steht damit wie geschildert im Gegensatz zur Haus- bzw. Labormaus. Und auch die nahe verwandte Gelbhalsmaus *A. flavicollis* ist wohl in der Lage, *M. nivalis* olfaktorisch wahrzunehmen und zu vermeiden, wie neuere Versuche zeigten (GORTAT & ABRAMOWICZ 2004).

Vom Fuchs abgesehen (DICKMAN & DONCASTER 1984), ist es *A. sylvaticus* offenbar nicht möglich, das von terrestrischen Beutegreifern ausgehende Prädationsrisiko mittels olfaktorischer Prüfung zu minimieren. Wieso ist also eine Fähigkeit „gering ausgeprägt“, die bei anderen Kleinnagern offenbar von hohem adaptivem Wert ist? SCHRÖPFER (1984b) hält eine Antwort parat, denn ihm zufolge stehen als Beutegreifer der „streng nachtaktiven“ Waldmaus Eulen an erster Stelle. Ein geruchsbasiertes Ausweichverhalten wäre gegenüber Nachtgreifern sinnlos. Im Vergleich zu den anderen in diesem Kapitel genannten Nagetieren (von *A. flavicollis* abgesehen) und auch vor dem Hintergrund der Schädelgröße besitzt die Waldmaus die relativ längsten Ohrmuscheln (BURDA et al. 1988). Die morphologische Betonung der Pinnae kann als Hinweis auf ein besonders sensibles Gehör gewertet werden. Möglicherweise deckt bei dieser Art also der akustische Sinn Leistungen ab, die bei vergleichbaren Spezies von der Nase erbracht werden. SULLIVAN et al. (1988) erwähnen ausdrücklich, dass sowohl die amerikanische Hirschmaus (*Peromyscus maniculatus*) wie auch ihr eurasisches Gegenstück („Eurasian counterpart“) *A. sylvaticus* im Gegensatz zu *Microtus* spp. keinerlei Reaktionen auf das Analdrüsensekret (bzw. auf bestimmte Fraktionen desselben) von *Mustela* zeigen. Beide Muriden seien neugierige Opportunisten („opportunistic and inquisitive“) und schon aufgrund ihrer weiteren ökologischen Amplitude seien die Populationen gegenüber prädatorischen Verlusten wenig empfindlich: „Because of this widespread distribution, deer mice may persist as a species despite an apparent ambivalent attitude towards predator odors and the presumed greater likelihood of being preyed upon.“ (SULLIVAN et al. 1988, S. 375)

Quintessenz: Unsere Waldmäuse zeigten keinerlei detektierbares Feindvermeidungsverhalten. Und so konnte unser Experiment auch keinerlei Hinweise

liefern, welche die auf Direktbeobachtungen gründende Aussage hätten festigen können, dass der HBF Essen eine „kleinmarderfreie“ Zone ist (→ Kap. 3.4). Das hätte nur dann gelingen können, wenn ein auf chemosensorischen Kapazitäten beruhendes Feindvermeidungsverhalten von *A. sylvaticus* bestünde *und* es – ausschließlich oder als Verstärkung angeborener Muster – kognitive Komponenten aufweisen würde. In der Literatur ist über einen Zusammenhang von Lernen und Prädatorscheu bei der Waldmaus (noch) nichts veröffentlicht. Insofern bestätigt unser hier geschildertes Experiment nur weitgehend die bekannte Datenlage.

D. Ausblick

Wie bereits im entsprechenden Kapitel gesagt, steht zu erwarten, dass der Eisenbahnverkehr eine Entwicklung der letzten Jahrzehnte fortsetzt: Er wird leiser und wahrscheinlich „sauberer“ werden. Stünden Dampflokomotiven noch im Gebrauch, welche Ergebnisse wären dann zu erwarten gewesen?

Der von mir in den Vordergrund gerückte Umweltfaktor Lärm dürfte also weiter an Relevanz für gleisbesiedelnde Tiere (und Menschen am Bahnsteig) verlieren. Organismen im Gleisbett sind aber selbstverständlich auch anderen als akustischen Einflüssen ausgesetzt. Dazu zählen ganz besonders die Stoffeinträge, die von den technischen Anlagen der Züge selbst stammen, also zum Beispiel Treib- und Schmierstoffe, Abriebe von Rädern und Bremsen, außerdem natürlich alle Herbizide, die zur routinemäßigen Wartung der Trassen nach wie vor eingesetzt werden. Diese potenziell gesundheitsschädlichen Immissionen wurden in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt. Bekanntlich akkumulieren Schadstoffe im Boden und können über lange Zeiträume erhalten bleiben (vgl. z.B. DETWYLER 1971, SUKOPP & WITTIG 1998). So wären Untersuchungen, welche sich mit den chemischen Einflüssen auf die Gleismäuse befassen, zweifellos sehr interessant. Beispielsweise könnten Schwermetallanalysen, vorgenommen etwa an Lebern und Nieren, zu erwartende Belastungen aufzeigen. Diese Organe habe ich bereits mehr als 60 frischtoten Waldmäusen aus Essen (von Grünflächen und vom Hauptbahnhof) entnommen und tiefgefroren. Sie könnten ein Grundmaterial für künftige Studien bieten.

Von prinzipiellem Interesse, schon weil die Erfassung der Artenvielfalt in jüngerer Zeit wieder als wichtige Aufgabe der Biologie erkannt worden ist („Biodiversitätskrise“, vgl. CAMPBELL & REECE 2003), wäre außerdem die Fortführung der parasitologischen Studie. Ich gehe davon aus, dass unser Fund des Cestoden *Hymenolepis hibernia* die erste Bestätigung dieser Art in Deutschland ist. In der Diskussion des entsprechenden Kapitels wurde angesprochen, dass auch durch „Routinestudien“ immer wieder neue, zum Teil überraschende Informationen zur geographischen Verbreitung parasitischer Helminthen publiziert werden. Abgesehen davon, ist die Biologie dieser Tiere oft noch unzureichend bekannt. Solche Wissenslücken zu füllen, könnte ein Ziel künftiger Studien sein.

Bereits diese hier kurz benannten Ansätze scheinen mir geeignet, die Kenntnisse über die Lebensverhältnisse der großstädtischen Fauna und ihre Artenvielfalt weiter voranzutreiben, und dabei zwei aktuell sehr bedeutsame naturwissenschaftliche Disziplinen, Stadtökologie und Biodiversitätsforschung, miteinander zu verbinden.

E. Zusammenfassung

Die Waldmaus (*Apodemus sylvaticus*) ist eine weit verbreitete Kleinsäugerart Europas, die nicht nur in natürlichen oder naturnahen Lebensräumen vorkommt, sondern auch im menschlichen Siedlungsbereich, zum Beispiel mitten in Städten. Die Liste der bekannten von ihr besiedelten Habitate kann erweitert werden um den Lebensraum *Eisenbahngleise eines großstädtischen Hauptbahnhofs*.

Im Zentrum der vorliegenden Arbeit stand eine Waldmaus-Population der Gleisanlagen des Hauptbahnhofs von Essen. Sie wurde zunächst in eine freilandökologische Untersuchung einbezogen. Mittels direkter Beobachtungen vor Ort konnten eine Beschreibung des Lebensraums angefertigt und die vorherrschenden abiotischen wie biotischen Umweltfaktoren ermittelt werden. Die Abiotik an einem Hauptbahnhof wird, außer von den technischen Strukturen im Raum, ganz wesentlich vom Zugverkehr und seinen Lärmemissionen geprägt. Die akustische Situation rückte so in den Fokus der Untersuchungen. Daneben waren die vorhandenen biotischen Ökofaktoren von Interesse, etwa die Pflanzendecke, die begleitende Fauna und die nutzbaren Nahrungsressourcen. Außerdem wurde Wert auf die Ermittlung phänologischer und ethologischer Daten der „Gleismäuse“ gelegt. Die markanten Ergebnisse dieses ersten Teils lassen sich so zusammenfassen:

- 1.) Der von den Zügen ausgehende Lärm stellt nur eine relativ geringe Belastung für die Mäuse dar. Es gibt für die Gleismäuse viele zeitlich und räumlich gebundene Möglichkeiten, die Geräuscheinwirkung einfahrender (bremsender) Züge abzumildern. Ihre Hauptaktivitätszeit (Dämmerung und Nacht) fällt nicht mit dem höchsten Aufkommen des Verkehrs auf dem Bahnhof zusammen, und die Tiere können diverse Verstecke nutzen. Hinzukommt, dass die meisten Züge ihre höchsten Schallpegel (mehr als 90 dB) nur über wenige Sekunden und im untersten Bereich des auditiven Spektrums der Mäuse erreichen (bei 1-10 kHz, meist um 3-5 kHz).

Die Waldmäuse finden auf den Gleisen genügend Nahrung, dabei greifen sie sowohl auf menschliche Abfälle als auch auf Aas zurück. Andere Wirbeltierarten sind im Bereich der Gleise äußerst selten. Als konkurrierende Spezies tritt praktisch nur die Straßentaube in Erscheinung, Prädatoren konnten nur in ganz wenigen Ausnahmefällen bestätigt werden. Die Erfassung der örtlichen Flora ergab 71 Arten, darunter auch einige Neophyten und Nährpflanzen der Waldmaus.

Der zweite Teil der Arbeit schließt invasive Ansätze ein und basiert auf vergleichenden Untersuchungen, weshalb auch Waldmäuse aus anderen Habitaten des Stadtgebiets von Essen einbezogen werden mussten. Als Vergleichslebensräume dienten im Wesentlichen Ruderalflächen, Parks, Gärten und Waldstücke, also Gebiete, die in Relation zum Hauptbahnhof als „naturnah“ gelten konnten. Neben der Körpermorphometrie wurde speziell der Dünndarm morphometrisch und histologisch erfasst. Breiteren Raum nahm die parasitologische Analyse, mit Schwerpunkt auf der Helminthenfauna des Dünndarms, und

die mikroskopisch-anatomische Examinierung des Corti-Organ im Innenohr der Waldmäuse ein. Als wichtigste Resultate ergaben sich:

- 2.) Die Körpermorphometrie ließ keine Abgrenzung der Bahnhofsmäuse von den anderen „Stadtmäusen“ erkennen. Die Tiere zeigten die für die Region und Art typischen äußeren Körpermaße. Interessant war der Umstand, dass die Waldmäuse der Gleistrassen aber signifikant kürzere Dünndarmlängen aufwiesen. Dieser Befund wird als Folge einer andersartigen Nahrungszusammensetzung gewertet. Vermutlich führt die Aufnahme anthropogener, relativ leicht verdaulicher Nahrung zu einer „Verkürzung“ des Intestinum tenue.

Insgesamt befanden sich mindestens 18 Ekto- und Endoparasitenarten auf bzw. in den Waldmäusen aus Essen. Aus den 10 determinierten Helminthenarten stach der Bandwurm *Hymenolepis hibernia* insofern hervor, als er als Erstfund für Deutschland gelten kann. Bemerkenswerterweise unterschied sich die Zusammensetzung der Darmparasiten bei Bahnhofs- und Vergleichsmäusen in signifikanter Weise. Daraus wurde der Schluss gezogen, dass es sich bei den Gleismäusen um eine abgegrenzte Population handeln sollte. Im Übrigen war der Befall bei ihnen insgesamt geringer als bei den Waldmäusen der Parks und Gärten.

Die Auszählung der im Corti-Organ befindlichen Haarzellen, die am Anfang der neuronalen Verarbeitung auditiver Stimuli stehen, erbrachte entgegen den ursprünglichen Erwartungen keine Hinweise auf bedeutende Schäden bei den Bahnhofsmäusen.

Der dritte und letzte Hauptteil der Dissertation beinhaltet ethologische Laborstudien. Waldmäuse aus den beiden genannten Lebensräumen wurden zunächst hinsichtlich ihrer reflexiven Antwort (Startle-Reflex) auf kurze akustische Reize getestet. Besonders beachtet wurde dabei der Preyer-Reflex der Pinnae. Erwartet wurde, dass die Tiere vom Hauptbahnhof weniger „schreckhaft“ sein würden, ihre Reflexschwellen also frequenzabhängig und entlang einer dB-Skala höher liegen müssten. Um die Beobachtung, dass Beutegreifer am Hauptbahnhof offensichtlich nicht vorkommen, zu stützen, wurde außerdem ein Geruchsversuch durchgeführt, der die Reaktion der Waldmäuse auf die mittelbare Gegenwart eines Prädatoren, hergestellt durch die Verwendung von Fäzes eines Frettchens, messbar machte. Die wichtigsten Ergebnisse lauten:

- 3.) Die Waldmäuse der Gleise wiesen über den Testbereich von 2 bis 20 kHz fast durchgehend eine etwas höhere Reflexschwelle auf. Im Mittel lagen die Schallpegel, bei denen ein Ohrmuschelreflex bei den Gleismäusen gerade noch feststellbar war, zwar etwa 1-3 dB über jenen der Vergleichsmäuse. Diese Differenzen waren aber nicht signifikant. Die höchste Sensitivität aller Waldmäuse lag bei 10 kHz und etwa 63 dB. Die aufgrund des Experiments angefertigte „Reflexschwellenkurve“ entsprach, jedenfalls im getesteten Frequenzbereich, in ihrem Verlauf deutlich einer „nach oben“, das heißt zu höheren Schallpegeln verschobenen Hörkurve.

E. Zusammenfassung

Das Geruchsexperiment ergab keinen Hinweis darauf, dass die Waldmaus einen Musteliden, bzw. das von ihm ausgehende Prädationsrisiko, überhaupt olfaktorisch feststellen kann.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie geben, zumal nach ausführlichem Abgleich mit den Ergebnissen vergleichbarer Untersuchungen in den Diskussionen, kaum Anlass zu der Annahme, der stark anthropogen überformte *Lebensraum Bahngleis* würde die Tiere deutlich stressen. Offensichtlich passen großstädtische Gleistrassen im Bereich eines stark frequentierten Hauptbahnhofs problemlos in die weite ökologische Amplitude von *Apodemus sylvaticus*.

Liste der im Textteil erwähnten Tierarten

Die Systematik folgt grundsätzlich den Angaben von *Fauna Europaea*, einer Online-Datenbank für die wissenschaftlichen Namen und die Verbreitung europäischer Land- und Süßwasserorganismen, gefördert von der Europäischen Kommission (Fauna Europaea Web Service [2007], Version 1.3), online unter <http://www.faunaeur.org> (Recherchedatum: 25.4.2007); die Systematik nicht-europäischer Arten folgt Nowak (1991), kenntlich gemacht durch die hochgestellte ¹.

In der Spalte Taxonomie aufgeführt sind jeweils Klasse, Ordnung, Familie, bei Fadenwürmern zusätzlich der Stamm (Nematoda).

Tab. 46.: Liste der im Textteil erwähnten Tierarten.

Wissenschaftlicher Name	Taxonomie	Deutscher Name
<i>Accipiter nisus</i> (L., 1758)	Aves, Falconiformes, Accipitridae	Sperber
<i>Acheta domesticus</i> (L., 1758)	Insecta, Orthoptera, Gryllidae	Heimchen, Hausgrille
<i>Alaria alata</i> (Goeze, 1782)	Trematoda, Strigeida, Diplostomidae	
<i>Angiostrongylus dujardini</i> Drozd & Doby, 1970	Nematoda: Secernentea, Strongylida, Angiostrongylidae	
<i>Anoplocephaloides dentata</i> (Galli-Valerio, 1905) (= <i>Paranoplocephala d.</i>)	Cestoda, Cyclophyllidea, Anoplocephalidae	
<i>Aonchotheca annulosa</i> (Dujardin, 1845), (= <i>Capillaria a.</i>)	Nematoda: Adenophorea, Enoplida, Capillariidae	
<i>Aonchotheca murissylvatici</i> (Diesing, 1851), (= <i>Capillaria m.</i>)	Nematoda: Adenophorea, Enoplida, Capillariidae	
<i>Apodemus flavicollis</i> (Melchior, 1834)	Mammalia, Rodentia, Muridae	Gelbhalsmaus
<i>Apodemus sylvaticus</i> (L., 1758)	Mammalia, Rodentia, Muridae	Waldmaus
<i>Arostrilepis horrida</i> (von Linstow, 1901), (= <i>Hymenolepis h.</i>)	Cestoda, Cyclophyllidea, Hymenolepididae	
<i>Arvicola terrestris</i> (L., 1758)	Mammalia, Rodentia, Microtidae	Ostscherm Maus
<i>Aspiculuris tetraptera</i> (Nitzsch, 1821)	Nematoda: Secernentea, Oxyurida, Heteroxynematidae	
<i>Brachylaima aequans</i> (Looss, 1899), (<i>Brachylaemus a.</i>)	Trematoda, Strigeida, Brachylaimidae	
<i>Brachylaima recurva</i> (Dujardin, 1845), (= <i>Brachylaemus recurvum</i>)	Trematoda, Strigeida, Brachylaimidae	
<i>Calodium hepaticum</i> (Bancroft, 1893) (= <i>Capillaria hepatica</i>)	Nematoda: Adenophorea, Enoplida, Capillariidae	
<i>Catenotaenia pusilla</i> (Goeze, 1782)	Cestoda, Cyclophyllidea, Catenotaenidae	
<i>Cavia porcellus</i> (L., 1758)	Mammalia, Rodentia, Caviidae ¹	Hausmeerschweinchen
<i>Chinchilla laniger</i> (Molina, 1782) (= <i>C. lanigera</i>)	Mammalia, Rodentia, Chinchilidae ¹	Chinchilla
<i>Cladotaenia globifera</i> (Batsch, 1786)	Cestoda, Cyclophyllidea, Paruterinidae	
<i>Clethrionomys glareolus</i> (Schreber, 1780)	Mammalia, Rodentia, Muridae	Rötelmaus
<i>Collyricloides massanae</i> Vaucher, 1969	Trematoda, Plagiorchiida, Collyriclidae	
<i>Columba livia</i> Gmelin, 1789	Aves, Columbiformes, Columbidae	Straßentaube
<i>Corrigia vitta</i> (Dujardin, 1845)	Trematoda, Plagiorchiida, Dicrocoeliidae	
<i>Corvus corone corone</i> L., 1758	Aves, Passeriformes, Corvidae	Rabenkrähe (Aaskrähe)
<i>Crocidura russula</i> Hermann, 1780	Mammalia, Insectivora, Soricidae	Hausspitzmaus

Tab. 46 (Fortsetzung)

Wissenschaftlicher Name	Taxonomie	Deutscher Name
<i>Ctenophthalmus agyrtus</i> (Heller, 1896)	Insecta, Siphonaptera, Ctenophthalmidae	
<i>Erinaceus europaeus</i> , L., 1758	Mammalia, Insectivora, Erinaceidae	Igel (Westigel, Braunbrustigel)
<i>Eucoleus gastricus</i> (Baylis, 1926)	Nematoda: Adenophorea, Enoplida, Capillariidae	
<i>Felis silvestris</i> f. <i>catus</i> (L., 1758)	Mammalia, Carnivora, Felidae	Hauskatze
<i>Gallegoides arfaai</i> (Mobedi & Ghadirian, 1977)	Cestoda, Cyclophyllidea, Anoplocephalidae	
<i>Gongylonema neoplasticum</i> (Fibiger & Ditlevsen, 1914)	Nematoda: Secernentea, Spirurida, Gongylonematidae	
<i>Heligmosomoides laevis</i> (Dujardin, 1845)	Nematoda: Secernentea, Strongylida, Heligmosomidae	
<i>Heligmosomoides polygyrus</i> (Dujardin, 1845), (= <i>H. dubius</i> , <i>Nematospiroides d.</i>)	Nematoda: Secernentea, Strongylida, Heligmosomidae	
<i>Heligmosomum costellatum</i> (Dujardin, 1845), (= <i>H. pseudocostellatum</i>)	Nematoda: Secernentea, Strongylida, Heligmosomidae	
<i>Heterakis spumosa</i> (Schneider, 1866), (= <i>Ganguleterakis micropis</i> , <i>G. spumosa</i> .)	Nematoda: Secernentea, Ascaridida, Heterakidae	
<i>Hymenolepis diminuta</i> (Rudolphi, 1819)	Cestoda, Cyclophyllidea, Hymenolepididae	
<i>Hymenolepis hibernia</i> (Montgomery, Montgomery & Dunn, 1987)	Cestoda, Cyclophyllidea, Hymenolepididae	
<i>Isthmiophora melis</i> (Schrank, 1788), (= <i>Euparyphium m.</i>)	Trematoda, Echinostomida, Echinostomatidae	
<i>Ixodes ricinus</i> (L., 1758)	Arachnida, Ixodida, Ixodidae	Holzbock
<i>Joyeuxiella pasqualei</i> (Diamara, 1893)	Cestoda, Cyclophyllidea, Dipylidiidae	
<i>Lepus europaeus</i> Pallas, 1778	Mammalia, Lagomorpha, Leporidae	Feldhase
<i>Macyella apodemi</i> Jourdane & Triquell, 1973	Trematoda, Plagiorchiida, Lecithodendriidae	
<i>Maritrema apodemum</i> Lewis, 1966	Trematoda, Plagiorchiida, Microphallidae	
<i>Marmota monax</i> (L., 1758)	Mammalia, Rodentia, Sciuridae ¹	Waldmurmeltier
<i>Martes foina</i> (Erxleben, 1777)	Mammalia, Carnivora, Mustelidae	Steinmarder
<i>Mastophorus muris</i> (Gmelin, 1790)	Nematoda: Secernentea, Spirurida, Spirocercidae	
<i>Microtus ochrogaster</i> (Wagner, 1842)	Mammalia, Rodentia, Muridae	Präriewühlmaus
<i>Mus domesticus</i> Schwartz & Schwartz, 1943	Mammalia, Rodentia, Muridae	(Westliche) Hausmaus
<i>Mus musculus</i> L., 1758	Mammalia, Rodentia, Muridae	Hausmaus
<i>Mustela erminea</i> L., 1758	Mammalia, Carnivora, Mustelidae	Hermelin
<i>Mustela nivalis</i> L., 1766	Mammalia, Carnivora, Mustelidae	Mauswiesel
<i>Mustela putorius</i> f. <i>furo</i> L., 1758	Mammalia, Carnivora, Mustelidae	Frettchen
<i>Mustela putorius</i> L., 1758	Mammalia, Carnivora, Mustelidae	Europäischer Iltis, Waldiltis
<i>Mustela vison</i> Schreber, 1777	Mammalia, Carnivora, Mustelidae	Mink, Amerikanischer Nerz
<i>Nippostrongylus brasiliensis</i> (Travassos, 1914)	Nematoda: Secernentea, Strongylida, Heligmonellidae	
<i>Notocotylus neyrai</i> Castro, 1945	Trematoda, Echinostomida, Notocotylidae	
<i>Oryctolagus cuniculus</i> (L., 1758)	Mammalia, Lagomorpha, Leporidae	Wildkaninchen
<i>Panthera onca</i> (L., 1758)	Mammalia, Carnivora, Felidae	Jaguar
<i>Panthera tigris</i> (L., 1758)	Mammalia, Carnivora, Felidae	Tiger
<i>Paranoplocephala macrocephala</i> (Douthitt, 1915), (= <i>Aprostotandrya m.</i>)	Cestoda, Cyclophyllidea, Anoplocephalidae	
<i>Parus major</i> L., 1758	Aves, Passeriformes, Paridae	Kohlmeise

Tab. 46 (Fortsetzung)

Wissenschaftlicher Name	Taxonomie	Deutscher Name
<i>Passer domesticus</i> (L., 1758)	Aves, Passeriformes, Passeridae	Haus Sperling, Spatz
<i>Passerilepis crenata</i> (Goetze, 1782), (= <i>Microsomacanthus</i> c., <i>Variolepis</i> c., <i>Hymenolepis muris-sylvatici</i>)	Cestoda, Cyclophyllidea, Hymenolepididae	
<i>Pelodera strongyloides</i> (A. Schneider, 1860)	Nematoda: Secernentea, Rhabditida, Rhabditidae	
<i>Peromyscus maniculatus</i> (Wagner, 1845)	Mammalia, Rodentia, Muridae ¹	Hirschmaus
<i>Phasianus colchicus</i> L., 1758	Aves, Galliformes, Phasianidae	Jagdfasan
<i>Physaloptera getula</i> Seurat, 1917	Nematoda: Secernentea, Spirurida, Physalopteridae	
<i>Pica pica</i> (L., 1758)	Aves, Passeriformes, Corvidae	Elster
<i>Plagiorchis arvicolae</i> Schulz & Skvortzov, 1931	Trematoda, Plagiorchiida, Plagiorchiidae	
<i>Plagiorchis elegans</i> (Rudolphi, 1802)	Trematoda, Plagiorchiida, Plagiorchiidae	
<i>Plagiorchis muris</i> Tanabe, 1922	Trematoda, Plagiorchiida, Plagiorchiidae	
<i>Plagiorchis talassensis</i> Tokobaev & Erkulov, 1966	Trematoda, Plagiorchiida, Plagiorchiidae	
<i>Polyplax serrata</i> (Burmeister, 1839)	Insecta, Phthiraptera, Polyplacidae	Mäuselaus
<i>Proechimys semispinosus</i> (Tomes, 1860).	Mammalia, Rodentia, Echimyidae ¹	Stachelratte
<i>Pseudocatenotaenia matovi</i> (Genov, 1971)	Cestoda, Cyclophyllidea, Catenotaeniidae	
<i>Psilotrema simillimum</i> (Mühling, 1898)	Trematoda, Echinostomida, Psilostomidae	
<i>Rattus norvegicus</i> (Berkenhout, 1769)	Mammalia, Rodentia, Muridae	Wanderratte (Laborratte)
<i>Rictularia proni</i> Seurat, 1915	Nematoda: Secernentea, Spirurida, Rictulariidae	
<i>Rodentolepis asymmetrica</i> (Janicki, 1904)	Cestoda, Cyclophyllidea, Hymenolepididae	
<i>Rodentolepis fraterna</i> (Stiles, 1906)	Cestoda, Cyclophyllidea, Hymenolepididae	
<i>Rodentolepis straminea</i> (Goeze, 1782), (= <i>Hymenolepis</i> s., <i>H. microstoma</i>)	Cestoda, Cyclophyllidea, Hymenolepididae	
<i>Scaphiostomum palaearticum</i> Mas Coma, Esteban & Valero, 1986	Trematoda, Strigeida, Brachylaimidae	
<i>Sciurus vulgaris</i> L., 1758	Mammalia, Rodentia, Sciuridae	Eichhörnchen
<i>Skrjabinoplagiorchis vigisi</i> Petrov & Merkuscheva, 1963	Trematoda, Plagiorchiida, Plagiorchiidae	
<i>Skrjabinotaenia lobata</i> (Baer, 1925), (= <i>Catenotaenia</i> l.)	Cestoda, Cyclophyllidea, Catenotaeniidae	
<i>Skrjabinotaenia lobata</i> (Baer, 1925), (= <i>Catenotaenia</i> l.)	Cestoda, Cyclophyllidea, Catenotaeniidae	
<i>Sorex araneus</i> L., 1758	Mammalia, Insectivora, Soricidae	Waldspitzmaus
<i>Syphacia frederici</i> Roman, 1945	Nematoda: Secernentea, Oxyurida, Oxyuridae	
<i>Syphacia obvelata</i> (Rudolphi, 1802)	Nematoda: Secernentea, Oxyurida, Oxyuridae	
<i>Syphacia stroma</i> (Linstow, 1884)	Nematoda: Secernentea, Oxyurida, Oxyuridae	
<i>Taenia hydatigena</i> Pallas, 1766 (= <i>T. tenuicollis</i> Rudolphi, 1819)	Cestoda, Cyclophyllidea, Taeniidae	
<i>Taenia martis</i> (Zeder, 1803)	Cestoda, Cyclophyllidea, Taeniidae	
<i>Taenia parva</i> Baer, 1924	Cestoda, Cyclophyllidea, Taeniidae	
<i>Taenia polyacantha</i> Leuckart, 1856	Cestoda, Cyclophyllidea, Taeniidae	

Tab. 46 (Fortsetzung)

Wissenschaftlicher Name	Taxonomie	Deutscher Name
<i>Taenia taeniaeformis</i> (Batsch, 1786), (= <i>Hydatigera t.</i>)	Cestoda, Cyclophyllidea, Taeniidae	
<i>Taenia taeniaeformis</i> (Batsch, 1786), (= <i>Hydatigera t.</i>)	Cestoda, Cyclophyllidea, Taeniidae	
<i>Trichuris muris</i> (Schrank, 1788) (= <i>Trichocephalus m.</i>)	Nematoda, Adenophorea, Enoplida, Trichuridae	
<i>Vulpes vulpes</i> (L., 1758)	Mammalia, Carnivora, Canidae	Rotfuchs

Bildnachweis

Sofern in den Bildunterschriften nicht besonders erwähnt, handelt es sich bei allen Abbildungen (Grafiken, Fotos) um Originale des Verfassers.

Literaturverzeichnis

- AASEN, I., L. KOLLI & V. KUMARI (2005): Sex effects in prepulse inhibition and facilitation of the acoustic startle response: implications for pharmacological and treatment studies. – *J. Psychopharmacol.* 19: 39-45.
- ALCÁNTARA, M. & J.L. TELLERÍA (1991): Habitat selection of Wood Mouse in cereal steppes of Central Spain. – *Z. Säugetierk.* 56: 347-351.
- ABT, K.F. & W.F. BOCK (1998): Seasonal variations of diet composition in farmland field mice *Apodemus* spp. and bank voles *Clethrionomys glareolus*. – *Acta Theriol.* 43: 379-389.
- ABU-MADI, M.A., J.M. BEHNKE, J.W. LEWIS & F.S. GILBERT (2000): Seasonal and site specific variation in the community structure of intestinal helminths in *Apodemus sylvaticus* from three contrasting habitats in south-east England. – *J. Helminthol.* 74: 7-15.
- ALLCAT INSTRUMENTS (Internet): Konvertierung zwischen PPF ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) und Lux. – Online unter: <http://www.mesurez.com/mesurez/allemand/default/news.php> (Recherchedatum: 17.2.2007)
- ANDERSON, T.W. & J.D. FINN (1996): *The New Statistical Analysis of Data*. – Springer-Verlag, New York, 346 S.
- ANGERBJÖRN, A. (1986): Gigantism in island populations of wood mice (*Apodemus sylvaticus*) in Europe. – *Oikos* 47: 47-56.
- ARNEBERG, P., A. SKORPING, B. GRENFELL & F.A. READ (1998): Host densities as determinants of abundance in parasite communities. – *Proc. Roy. Soc. Lond. B* 265: 1283-1289.
- BÄBLER, M., E.J. JÄGER & K. WERNER (1996): ROTHMALER (Begr.), *Exkursionsflora von Deutschland*, Bd. 2, Gefäßpflanzen: Grundband. 16. Aufl. – Gustav Fischer Verlag, Jena, 639 S.
- BAKER, P.J., R.J. ANSELL, P.A.A. DODDS, C.E. WEBBER & S. HARRIS (2003): Factors affecting the distribution of small mammals in an urban area. – *Mammal Rev.* 33: 95-100.
- BAKER, P.J., A.J. BENTLEY, R.J. ANSELL & S. HARRIS (2005): Impact of predation by domestic cats *Felis catus* in an urban area. – *Mammal Rev.* 35: 302-312.
- BANSEMIR, A.D. & M.V.K. SUKHDEO (2006): Villus length influences habitat selection by *Heligmosomoides polygyrus*. – *Parasitology* 113: 311-316.
- BARRETO, G.R. & D.W. MACDONALD (1999): The response of water voles, *Arvicola terrestris*, to the odours of predators. – *Anim. Behav.* 57: 1107-1112.
- BAUER, C.A. & J.O. WHITAKER, Jr. (1981): Ectoparasites of muskrats from Indiana with special emphasis on spatial distribution of coexisting mites of the genus *Listrophorus*. – *Am. Midl. Nat.* 105: 112-123.
- BAUR, B., A. STUDER & D. BURCKHARDT (2003): Diskussion und Schlussfolgerungen. In: BURCKHARDT, D., B. BAUR & A. STUDER (Hrsg.): *Fauna und Flora auf dem Eisenbahngelände im Norden Basels*. – *Monogr. Entomol. Ges. Basel* 1: 155-163.
- BECK-BORNHOLDT, H.P. & H.H. DUBBEN (2000): Was ist p und warum ausgerechnet 0,05? – *Coloproctology* 22: 192-194.
- BEHNKE, J.M., J.W. LEWIS, S.N. MOHD ZAIN & F.S. GILBERT (1999): Helminth infections in *Apodemus sylvaticus* in southern England: interactive effects of host age, sex and year on the prevalence and abundance of infections. – *J. Helminthol.* 73: 31-44.
- BELLAMY, P.E., R.F. SHORE, D. ARDESHIR, J.R. TREWEEK & T.H. SPARKS (2000): Road verges as habitat for small mammals in Britain. – *Mammal Rev.* 30: 131-139.

- BENGTSON, S.A., A. NILSSON & S. RUNDGREN (1989): Population structure and dynamics of wood mouse *Apodemus sylvaticus* in Iceland. – *Holarct. Ecol.* 12: 361-368
- BENHAMOU, S. (2001): Orientation and movement patterns of the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) in its home range are not altered by olfactory or visual deprivation. – *J. Comp. Physiol. A* 187: 243-248.
- BERRY, R.J. (1969): Competition and extinction: the mice of Foula, with notes on those of Fair Isle and St. Kilda. – *J. Zool. (Lond.)* 158: 247-265.
- BICK, H., K.H. HANSMEYER, G. OLSCHOWY & P. SCHMOOCK (1984): *Angewandte Ökologie – mensch und Umwelt. Band I.* – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 552 S.
- BIOCCA, E. & R. COSTANTINI (1975): Observations of fleas of small mammals at the Gran Paradiso National Park (Italian Occidental Alps). – *Parasitology* 17: 103-119.
- BIRRER, S., T. BRODTBECK & U. KIENZLE (2003): Farn- und Blütenpflanzen (Pteridophyta und Spermatophyta). In: BURCKHARDT, D., B. BAUR & A. STUDER (Hrsg.): *Fauna und Flora auf dem Eisenbahngelände im Norden Basels.* – *Monogr. Entomol. Ges. Basel* 1: 45-70, 185-202.
- BLUMSTEIN, D.T., M. MARI, J.C. DANIEL, J.G. ARDRON, A.S. GRIFFIN & C.S. EVANS (2002): Olfactory predator recognition: wallabies may have to learn to be wary. – *Anim. Conserv.* 5: 87-93.
- BMA (1977): Merkblatt zur BK Nr 2301: Lärmschwerhörigkeit (Bekanntmachung des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung v. 20. 7. 1977). – Online unter <http://arbmed.med.uni-rostock.de/bkvo/m2301.htm> (Recherchedatum: 01.02.07)
- BÖCK, P. (1989): Einbetten der fixierten Präparate. In: BÖCK, P. (Hrsg.): *Romeis Mikroskopische Technik.* 17. Aufl. – Urban und Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore, S.113-153.
- BOETTCHER, F.A. (2002): Susceptibility to acoustic trauma in young and aged gerbils. – *J. Acoust. Soc. Amer.* 112: 2948-2955.
- BÖHMER, A. (1988): The Preyer reflex – an easy estimate of hearing function in guinea pigs. – *Acta Otolaryngol.* 106: 368-372.
- BOHNE, B.A. & C.D. CARR (1979): Location of structurally similar areas in chinchilla cochleas of different lengths. – *J. Acoust. Soc. Am.* 66: 411-414.
- BRANDES, D. (1993): Eisenbahnanlagen als Untersuchungsgegenstand der Geobotanik. – *Tuexenia* 13: 415-444.
- BRANDES, D. (2000): Hauptbahnhof Rostock: Exkursionsnotizen zur Flora. – Online unter: http://www.ruderal-vegetation.de/epub/hbf_rostock.pdf (Recherchedatum: 31.10.05)
- BRANDES, D. (2002a): Bahnhof Freising: Exkursionsnotizen zur Flora. – Online unter: http://www.ruderal-vegetation.de/epub/bahnhof_freising.pdf (Recherchedatum: 31.10.05)
- BRANDES, D. (2002b): Flora des Bahnhofs Salzwedel. – Online unter: <http://opus.tu-bs.de/opus/volltexte/2003/369> (Recherchedatum: 31.10.05)
- BRANDES, D. (2002c): Vascular flora of the Lüchow railway station (Lower Saxony, Germany). – *Inst. f. Pflanzenbiol., TU Braunschweig*, online unter: <http://www.ruderal-vegetation.de/epub/> (Recherchedatum: 31.10.05)
- BRANDES, D. (2003a): Flora und Vegetation des Hauptbahnhofs Magdeburg. – Online unter: http://www.ruderal-vegetation.de/epub/hbf_md.pdf (Recherchedatum: 31.10.05)
- BRANDES, D. (2003b): Flora der Eisenbahnanlagen in Freiburg i. Br. – Online unter: <http://www.ruderal-vegetation.de/epub/freiburg.pdf> (Recherchedatum: 31.10.05)

- BRANDES, D. (2004a): Zur Flora des Bahnhofs Halberstadt. – Online unter: http://www.ruderal-vegetation.de/epub/bahnhof_halberstadt.pdf (Recherchedatum: 31.10.05)
- BRANDES, D. (2004b): Zur Flora des Bahnhofs Perleberg (Brandenburg). – Online unter: http://www.ruderal-vegetation.de/epub/bahnhof_perleberg.pdf (Recherchedatum: 31.10.05)
- BRANDES, D. (2005): Kormophytendiversität innerstädtischer Eisenbahnanlagen. – *Tuexenia* 25: 269-284.
- BRANDES, D. & D. GRIESE (1991): Siedlungs- und Ruderalvegetation von Niedersachsen. Eine kritische Übersicht. – *Braunschweiger Geobotanische Arbeiten* 1, Braunschweig, 173 S.
- BROWN, L.E. (1969): Field Experiments on the movements of *Apodemus sylvaticus* L. using trapping and tracking techniques. – *Oecologia* 2: 198-222.
- BROWN, A.M. (1973): High frequency peaks in the cochlear microphonic response of rodents. – *J. Comp. Physiol. A* 83: 377-392.
- BURDA, H. (1978): Population von Haarzellen des Cortischen Organs der Spitzmäuse. – *Z. mikrosk.-anat. Forsch.* 92: 514-528.
- BURDA, H. (2005): *Allgemeine Zoologie*. – UTB Basics, Ulmer Verlag, Stuttgart, 320 S.
- BURDA, H. & L. VOLDŘICH (1984): The mechanics of the organ of Corti in the mammalian ear. – *Acta Zool. Fennica* 171: 119-122.
- BURDA, H., L. BALLAST & V. BRUNS (1988): Cochlea in Old World mice and rats (Muridae). – *J. Morphol.* 198: 269-285.
- BURDA, H., G. HILKEN & J. ZRZAVY (im Druck): *Systematische Zoologie*. – UTB Basics, Ulmer Verlag, Stuttgart, 320 S.
- BURT, W.H. (1943): Territory and home range concepts as applied to mammals. – *J. Mammal.* 24: 346-352.
- BUSH, O., A.D. LAFFERTY, J.M. LOTZ & A.W. SHOSTAK (1997): Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. – *J. Parasitol.* 83: 575-583.
- CAMPBELL, N.A. & J.B. REECE (2003): *Biologie* (hrsgg. v. J. MARKL). 6. Aufl. – Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, 1606 S.
- CANOVA, L., L. MAISTRELLO & D. EMILIANI (1994): Comparative ecology of the wood mouse *Apodemus sylvaticus* in two differing habitats. – *Z. Säugetierkd.* 59:193-198.
- CHESSER, R.K., R.S. CALDWELL & M.J. HARVEY (1975): Effects of noise on feral populations of *Mus musculus*. – *Physiol. Zool.* 48: 323-325.
- CLARK, W.W. (1991): Recent studies of temporary threshold shift (TTS) and permanent threshold shift (PTS) in animals. – *J. Acoust. Soc. Amer.* 90: 155-163.
- CLARKE, J.R. (1985): The reproductive biology of the bank vole (*Clethrionomys glareolus*) and the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*). – *Symp. Zool. Soc. Lond.* 55: 33-59.
- CLAUDE, A.R. & E.A. CAPALDI (2006): Caudal autotomy and regeneration in lizards. – *J. Exp. Zool. A* 305: 965-973.
- CORBET, G. & D. OVENDEN (1982): *Pareys Buch der Säugetiere*. – Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 240 S.
- CORP, N., M.L. GORMAN & J.R. SPEAKMAN (1997a): Ranging behaviour and time budgets of male wood mice *Apodemus sylvaticus* in different habitats and seasons. – *Oecologia* 109: 242-250.

- CORP, N., M.L. GORMAN & J.R. SPEAKMAN (1997b): Apparent absorption efficiency and gut morphometry of wood mice, *Apodemus sylvaticus*, from two distinct populations with different diets. – *Physiol. Zool.* 70: 610-614.
- DE MENDONÇA, P.G. (1999): Impact of radio-collars on yellow-necked mice, *Apodemus flavicollis* (Mammalia, Rodentia). – *Mammal Rev.* 29: 129-134.
- DELANY, M.J. (1970): Variation and ecology of island populations of the long-tailed field mouse (*Apodemus sylvaticus* (L.)). – *J. Zool. (Lond.)* 26: 283-295.
- DETWYLER, T.R. (1971): *Man's Impact on Environment*. – McGraw-Hill, London, 731 S.
- DEUTSCHE BAHN (2005): Umweltbericht 2005. – Online unter: http://www.db.de/site/shared/de/dateianhaenge/berichte/umweltbericht2005__download-version.pdf (Recherchedatum: 17.2.07)
- DÍAZ, M. & C. L. ALONSO (2003): Wood mouse *Apodemus sylvaticus* winter food supply: density, condition, breeding, and parasites. – *Ecology* 84: 2680-2691.
- DÍAZ, M., I. TORRE, A. PERIS & L. TENA (2005): Foraging behavior of wood mice as related to presence and activity of genets. – *J. Mammal.* 86: 1178-1185.
- DICKMAN, C.R. & C.P. DONCASTER (1984): Responses of small mammals to red fox (*Vulpes vulpes*) odour. – *J. Zool. (Lond.)* 204: 521-531.
- DICKMAN, C.R. & C.P. DONCASTER (1987): The Ecology of Small Mammals in Urban Habitats. I. Populations in a Patchy Environment. – *J. Anim. Ecol.* 58: 629-640.
- DIETERLEN, F. (1988): Echte Mäuse oder Langschwanzmäuse. In: *Grzimeks Enzyklopädie Säugetiere*, Band III. – Kindler Verlag, München, S. 152-205.
- DOBSON, M. (1998): Mammal distributions in the western Mediterranean: The role of human intervention. – *Mammal Rev.* 28: 77-88.
- DÖRNER, K. (2003): *Klinische Chemie und Hämatologie*. – Thieme Verlag, Stuttgart, 560 S.
- DOOLING, R. (2002): Avian hearing and the avoidance of wind turbines. National renewable energy laboratory technical report 500-30844. p i-D13. – Online unter: <http://www.nrel.gov/docs/fy02osti/30844.pdf> (Recherchedatum: 15.10.2004)
- DOSTAL, M. (2006): *Wagen: Reisezug- und Güterwagen der Deutschen Bahn*. 1. Aufl. – GeraMond Verlag, München, 192 S.
- DOSTAL, M. (2007): *DB-Fahrzeuge: Lokomotiven und Triebwagen*. 1. Aufl. – GeraMond Verlag, München, 192 S.
- DOUGLASS, R. J., K.S. DOUGLASS & L. ROSSI (1992): Ecological distribution of bank voles and wood mice in disturbed habitats: preliminary results. – *Acta Theriol.* 37: 359-370.
- DRENCKHAHN D. & K. FLEISCHHAUER (1994): Dünndarm. In: DRENCKHAHN, D. & W. ZENKER (Hrsg.): *Benninghof: Anatomie*, Band 2. 15. Aufl. – Urban und Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore, S. 866-885.
- ECKERT, J. (1996): Der ‚gefährliche Fuchsbandwurm‘ (*Echinococcus multilocularis*) und die alveoläre Echinokkose des Menschen in Mitteleuropa. – *Berliner & Münchner Tierärztliche Wochenschrift* 109: 202-210.
- EHRET, G. (1975): Frequency and intensity difference limens and nonlinearities in the ear of the Housemouse (*Mus musculus*). – *J. Comp. Physiol.* 102: 321-336.
- EHRET, G. (1979): Correlations between cochlear hair cell loss and shifts of masked and absolute behavioral auditory thresholds in the House Mouse. – *Acta Otolaryngol.* 87: 28-38.
- EHRET, G. (1983): Peripheral anatomy and physiology. In: Willot, J.F. (Hrsg.): *The Auditory Psychobiology of the Mouse*. – Charles C. Thomas, Springfield (IL), S. 169-200.

- EHRET, G. (2001): Adaptations in the mouse auditory system for perception of ultrasonic communication calls. *J. Evol. Biochem.* 37: 562-568.
- EHRET, G. & M. FRANKENREITER (1977): Quantitative analysis of cochlear structures in the House Mouse in relation to mechanisms of acoustical information processing. – *J. Comp. Physiol. A*: 65-85.
- EIRA, C., J. TORRES, J. VINGADA & J. MIQUEL (2006): Ecological aspects influencing the helminth community of the wood mouse *Apodemus sylvaticus* in Dunas de Mira, Portugal. – *Acta Parasitol.* 51: 300-308.
- ELDREDGE, D.H., J.D. MILLER & B.A. BOHNE (1981): A frequency-position map for the chinchilla cochlea. *J. Acoust. Soc. Am.* 69:1091-1095.
- EMERY, N.J. & N.S. CLAYTON (2004): The mentality of crows: Convergent evolution of intelligence in corvids and apes. – *Science* 306: 1903–1907.
- EMMERICH, E., F. RICHTER, V. LINSS & W. LINSS (2005): Frequency-specific cochlear damage in guinea pig after exposure to different types of realistic industrial noise. – *Hear. Res.* 201: 90-98.
- ENGSTRÖM, B. & E. BORG (1981): Lesions to cochlear inner hair cells induced by noise. – *Arch. Otorhinolaryngol.* 230: 279-284.
- ERIKSSON, M. (1984): Winter breeding in three rodent species, the bank vole *Clethrionomys glareolus*, the yellow necked mouse *Apodemus flavicollis* and the wood mouse *Apodemus sylvaticus* in southern Sweden. – *Holarct. Ecol.* 7: 428-429.
- ERZ, W. & B. KLAUSNITZER (1998): Fauna. In: SUKOPP, H. & R. WITTIG (Hrsg.): *Stadtökologie*. – Fischer, Stuttgart, S. 266-315.
- ESCH, G.W., J. WHITFIELD GIBBONS & J.E. BOURQUE (1975): An analysis of the relationship between stress and parasitism. – *Am. Midl. Nat.* 93: 339-353.
- FERRARI, N., I.M. CATTADORI, J. NESPEREIRA, A. RIZZOLI & P. HUDSON (2004): The role of host sex in parasite dynamics: field experiments in the yellow-necked mouse *Apodemus flavicollis*. – *Ecol. Lett.* 7: 88-94.
- FLOWERDEW, J.R. (1985): The population dynamics of wood mice and yellow-necked mice. – *Symp. Zool. Soc. Lond.* 55: 315-338.
- FLYNN, R.J. (1973): *Parasites of laboratory animals*. 1. Aufl. – Iowa State Univ. Press, Ames (USA), 884 S.
- FRANCIS, R.L. (1979): The Preyer reflex audiogram of several rodents, and its relation to the "absolute" audiogram in the rat. – *J. Aud. Res.* 19: 217-233.
- FRANCK, D. (1997): *Verhaltensbiologie*. 3. Aufl. – Thieme Verlag, Stuttgart-New York, 225 S.
- FRYNTA, D. (1993): Body weight structure in the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) population in urban habitats of Prague. – *Acta Soc. Zool. Bohem.* 57: 91-100.
- FRYNTA, D. & M. ŽIŽKOVA (1994): Sex ratio in *Apodemus sylvaticus* (Rodentia: Muridae): A comparison of field and laboratory data. – *Acta Soc. Zool. Bohem.* 57: 183-192.
- FUENTES, M.V., S. SÁEZ, M. TRELIS, M.T. GALÁN-PUCHADES & J.G. ESTEBAN (2004): The helminth community of *Apodemus sylvaticus* (Rodentia, Muridae) in the Sierra Espuña, Murcia, Spain. – *J. Helminthol.* 78: 219-233.
- GARSON, P.J. (1975): Social interactions of Woodmice (*Apodemus sylvaticus*) studied by direct observation in the wild. – *J. Zool. (Lond.)* 177: 496-500.
- GIBSON, D. (ed.) (2007): *Helminths (Animal parasitics)*. – *Fauna Europaea*, Version 1.3, online unter: <http://www.faunaeur.org> (Recherchedatum: 25.4.07)

- GIESLER, H.J. (1998): Geräuschemissionen der Berliner S-Bahn. – Z. Lärmbekämpfung 45: 110-118.
- GLOOR, H. & T. ZIEGLER (2001): Massnahmen an der Strassenoberfläche: Erfahrungen mit Drainbelägen auf Autobahnen. – Strasse Verk. 87: 271-276.
- GORGAS, M. (1968): Vergleichend-anatomische Untersuchungen am Magen-Darm-Kanal der Sciuromorpha, Hystricomorpha und Caviomorpha (Rodentia). – Z. Wiss. Zool. 175: 237-269.
- GORMAN, M.L. (1984): The response of prey to Stoat (*Mustela erminea*) scent. – J. Zool. (Lond.) 202: 419-423.
- GORMAN, M.L. & A. ZUBAID (1993): A comparative study of the ecology of woodmice *Apodemus sylvaticus* in two contrasting habitats: deciduous woodland and maritime sand dunes. – J. Zool. (Lond.) 229: 385-396.
- GORTAT, T. & K. ABRAMOWICZ (2004): Influence of weasel (*Mustela nivalis*) odour on the spatial behaviour of yellow-necked mice (*Apodemus flavicollis*). – 9th International Conference "Rodens et Spatium", Abstract-Band, S. 1 (Online unter: <http://www.ekolublin.pl/rodens/rodens/Rodens.pdf>).
- GOÛY DE BELLOCQ, J., M. SARÀ, J.C. CASANOVA, C. FELIU & S. MORAND (2003): A comparison of the structure of helminth communities in the woodmouse, *Apodemus sylvaticus*, on islands of the western Mediterranean and continental Europe. – Parasitol. Res. 90: 64-70.
- GREEN, R. (1979): The ecology of wood mice (*Apodemus sylvaticus*) on arable farmland. – J. Zool. 118: 357-377.
- GREGORY, R.D. (1992): On the interpretation of host-parasite ecology: *Heligmosomoides polygyrus* (Nematoda) in wild wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) populations. – J. Zool. (Lond.) 226: 109-121.
- GRODZINSKI, W. (1985): Ecological energetics of bank voles and wood mice. – Symp. Zool. Soc. Lond. 55: 169-192.
- GRÖFLIN, S. (2003): Säugetiere (Mammalia) ohne Fledermäuse. In: BURCKHARDT, D., B. BAUR, & A. STUDER (Hrsg.): Fauna und Flora auf dem Eisenbahngelände im Norden Basels. – Monogr. Entomol. Ges. Basel 1: 141-144, 230.
- GROSS, J.E., Z. WANG & B.A. WUNDER (1985): Effects of food quality and energy needs: changes in gut morphology and capacity of *Microtus ochrogaster*. – J. Mammal. 66: 661-667.
- GROVE, D.I. (1990): A history of human helminthology. – CAB International, Wallingford (UK), 850 S.
- GRUNER, H.E. (Hrsg.) (1993): Lehrbuch der Speziellen Zoologie. Bd. 1 Wirbellose Tiere, Teil 2. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 621 S.
- GURNELL, J. (1978): Seasonal changes in numbers and male behavioural interaction in a population of wood mice, *Apodemus sylvaticus*. – J. Anim. Ecol. 47: 741-755.
- HAEUPLER, H. & T. MUER (2000): Bildatlas der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 759 S.
- HAEUPLER, H., A. JAGEL & W. SCHUMACHER (2003): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen in Nordrhein-Westfalen. – LÖBF, Recklinghausen, 616 S.
- HALLE, S. (1988): Avian predation upon a mixed community of common voles (*Microtus arvalis*) and wood mice (*Apodemus sylvaticus*). – Oecologia 75: 451-455.
- HALLE, S. (1993): Wood mice (*Apodemus sylvaticus* L.) as pioneers of recolonization in a reclaimed area. – Oecologia 94: 120-127.

- HANNEMANN, H.J. (Hrsg.) (1994): Exkursionsfauna von Deutschland (Begr.: E. STRESEMANN). Wirbellose, Insekten, 2. Teil, 7. Aufl. – Gustav Fischer Verlag, Jena, 424 S.
- HANSSON, L. (1985): The food of Bank voles, Wood mice and Yellow-Necked mice. – Symp. Zool. Soc. Lond. 55: 141-168.
- HARDY, M. (1938): The length of the organ of Corti in Man. – Am. J. Anat. 62: 291-311.
- HARTEN, H.U. (1999): Physik für Mediziner – Eine Einführung. 9. Aufl. – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (u.a.), 443 S.
- HARTLEBEN, D. (2003): Schienenschleifen als Maßnahme der Lärmvorsorge und Lärmsanierung. – Eisenbahningenieur 54: 22-28.
- HEALING, T.D. & F. NOWELL (1985): Diseases and parasites of woodland rodent populations. In: FLOWERDEW, J.R., J. GURNELL & J.H.W. GIPPS (Hrsg.): The ecology of woodland rodents: Bank voles and Wood mice. – Symp. Zool. Soc. Lond. 55: 193-218.
- HECKL, M. & H.A. MÜLLER (HRSG.) (1995): Taschenbuch der Technischen Akustik. 2. Aufl. – Springer-Verlag, Berlin, 670 S.
- HEFFNER, R., H. HEFFNER & B. MASTERTON (1971): Behavioral measurement of absolute and frequency-difference thresholds in guinea pig. – J. Acoust. Soc. Am. 49:1888-1895.
- HEFFNER, H.E., R.S. HEFFNER, C. CONTOS & T. OTT (1994): Audiogram of the hooded Norway Rat. – Hear. Res. 73: 244-247.
- HEFFNER, H.E. & R.S. HEFFNER (2007): Hearing Ranges of Laboratory Animals. – J. Am. Assoc. Lab. An. Sc. 46: 11-13.
- HERBST, R.S., H. TAKEUCHI & B.A. TEICHER (1998): Paclitaxel/carboplatin administration along with antiangiogenic therapy in non-small-cell lung and breast carcinoma models. – Cancer Chem. Pharmacol. 41: 497-504.
- HERRMANN, M. (2001): Lärmwirkung auf frei lebende Säugetiere – Spielräume und Grenzen der Anpassungsfähigkeit. – Angew. Landschaftsökol. 44: 41-69.
- HEYDEMANN, B. (1956): Die Biotopstruktur als Raumwiderstand und Rauffülle für die Tierwelt. – Verhandl. Deutsch. Zool. Ges. Hamburg: 332-347
- HIEPE, T., R. LUCIUS & B. GOTTSTEIN (2006) (Hrsg.): Lehrbuch der Allgemeinen Parasitologie. – Parey Verlag, Stuttgart, 477 S.
- HOFFMANN, H. & LÜPKE, A. VON (1990): 0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel. Einführung in die Grundbegriffe und die quantitative Erfassung des Lärms. 5. Aufl. – Erich Schmidt Verlag, Berlin, 110 S.
- HOFSTETTER, J., M.A. SUCKOW & D.L. HICKMAN (2006): Morphophysiology. In: SUCKOW, M.A., S.H. WEISBROTH & C.L. FRANKLIN (Hrsg.): The Laboratory Rat. 2nd Edition. – Elsevier, Amsterdam (u.a.), S. 93-126.
- HÜPPOP, O. (2001): Auswirkungen menschlicher Störungen auf den Energiehaushalt und die Kondition von Vögeln und Säugern. – Angew. Landschaftsökol. 44: 25-32.
- HULME, P.E. (1997): Post-dispersal seed predation and the establishment of vertebrate dispersal plants in Mediterranean scrublands. – Oecologia 111: 91-98.
- HYMAN, L.H. (1951): The Invertebrates, Vol. II. Platyhelminthes and Rhynchocoela. – McGraw-Hill Book Co., New York, 550 S.
- IKEDA, A., Q.Y. ZHENG, P. ROSENSTIEL, T. MADDATU, A.R. ZUBERI, D.C. ROOPENIAN, M.A. NORTH, J.K. NAGGERT, K.R. JOHNSON & P.M. NISHINA (1999): Genetic modification of hearing in tubby mice: evidence for the existence of a major gene (*moth1*) which protects tubby mice from hearing loss. – Hum. Mol. Genet. 8:1761-1767.

- IRION H., R. ROßNER & H. LAZARUS (1983): Entwicklung des Hörverlustes in Abhängigkeit von Lärm, Alter und anderen Einflüssen – Quer- und Längsschnittuntersuchungen an 1 287 Mitarbeitern eines Lärmbetriebes (Forschungsbericht Nr. 370, hrsg. v.d. Bundesanstalt für Arbeitsschutz). – Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 396 S.
- JÄGER, K. (1991): Schalltechnische Untersuchungen bei der Planung von Rangier- und Umschlagbahnhöfen. – Z. Lärmbekämpfung 38: 144-150.
- JÄGER, E.J. & K. WERNER (1999): ROTHMALER (Begr.), Exkursionsflora von Deutschland, Bd. 3, Gefäßpflanzen: Atlasband. 10. Aufl. – Gustav Fischer Verlag, Jena, 752 S.
- JÄGER, K. & H. ONNICH (2000): Fortschritte und Besonderheiten bei der Reduzierung des Schienenverkehrslärms. – Z. Lärmbekämpfung 47: 206-210.
- JAGEL, A. (2003): Zur Situation der Flora auf Industrie- und Bahnbrachen in Bochum /Westfalen. – Flor. Rundbr. 37: 53-73.
- JEDRZEJEWSKI, W., L. RYCHLIK & B. JEDRZEJEWSKA (1993): Responses of bank voles to seven species of predators: experimental data and their relevance to natural predator-vole relationships. – Oikos 68: 251-257.
- JENNINGS, T.J. (1975): Notes on the burrow systems of Woodmice (*Apodemus sylvaticus*). – J. Zool. (Lond.) 177: 500-504.
- JENSEN, T.S. & O.F. NIELSEN (1986): Rodents as seed dispersers in a heath-oak wood succession. – Oecologia 70: 214-221.
- JERO, J., D.E. COLING & A.K. LALWANI (2001): The use of Preyer's reflex in evaluation of hearing in mice. – Acta Otolaryngol. 121: 585-589.
- JONES, M.L. (1982): Longevity of captive mammals. – Zool. Garten 52: 113-128.
- JONSSON, P., E. KOSKELA & T. MAPPE (2000): Does risk of predation by mammalian predators affect the spacing behaviour of rodents? Two large-scale experiments. – Oecologia 122: 487-492.
- JUŠKAITIS, R. (2003): New data on the geographical distribution of the wood mouse, *Apodemus sylvaticus*, and the pygmy field mouse, *Apodemus uralensis*, in Lithuania. – Folia Zool. 52: 222-224.
- JUŠKAITIS, R. (2006): Tail autotomy in the common dormouse (*Muscardinus avellanarius*): Some ecological aspects. – Mamm. Biol. 71: 371-376.
- KARBOWIAK, G., L. RYCHLIK, W. NOWAKOWSKI & I. WITA (2005): Natural infections of small mammals with blood parasites on the borderland of boreal and temperate forest zones. – Acta Theriol. 50: 31-42.
- KAVALIERS, M., D.D. COLWELL, W.J. BRAUN & E. CHOLERIS (2003): Brief exposure to the odour of a parasitized male alters the subsequent mate odour responses of female mice. – Anim. Behav. 65: 59-68.
- KAWANO, A., H.L. SELDON & G.M. CLARK (1996): Computer-aided three-dimensional reconstruction in human cochlear maps: measurement of the lengths of organ of Corti, outer wall, inner wall, and Rosenthal's canal. – Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 105: 701-709.
- KEATS, B.J., N. NOURI, J.M. HUANG, M. MONEY, D.B. WEBSTER & C.I. BERLIN (1995): The deafness locus (dn) maps to mouse chromosome 19. – Mamm. Genome 6: 8-10.
- KHIDAS, K. & M.H. HANSELL (1995): Burrowing behaviour and burrow architecture in *Apodemus sylvaticus* (Rodentia). – Z. Säugetierkd. 60: 246-250.
- KHIDAS, K., N. KHAMMES, S. KHELLOUFI, S. LEK & S. AULAGNIER (2002): Abundance of the wood mouse *Apodemus sylvaticus* and the Algerian mouse *Mus spretus* (Rodentia, Muridae) in different habitats of Northern Algeria. – Mamm. Biol. 67: 34-41.

- KHOKLOVA, I.S., M. SPINU, B.R. KRASNOV & A.A. DEGEN (2004): Immune response to fleas in a wild desert rodent: effect of parasite species, parasite burden, sex of host and host parasitological experience. – J. Exp. Biol. 207: 2725-2733.
- KIERNAN, A.E., M. ZALZMAN, H. FUCHS, M. HRABE DE ANGELIS, R. BALLING, K.P. STEEL & K.B. AVRAHAM (1999): Tailchaser (Tlc): A new mouse mutation affecting hair bundle differentiation and hair cell survival. – J. Neurocytol. 28: 969-985.
- KING, C.M. (1985): Interactions between woodland rodents and their predators. – Symp. Zool. Soc. Lond. 55: 219-247.
- KINZELBACH, R.K (2003): Ordnung Siphonaptera (Aphaniptera), Flöhe. In: DATHE, H. (Hrsg.): Lehrbuch der speziellen Zoologie. Band I, Wirbellose Tiere, Teil 5, Insecta, 2. Aufl. – Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, S. 734-746.
- KLAUSNITZER, B. (1987): Ökologie der Großstadtfauna. 1. Aufl. – VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 225 S.
- KLEIN, S.L. (2004): Hormonal and immunological mechanisms mediating sex differences in parasite infection. – Parasitol. Immunol. 26: 247-264.
- KLEY, W. (1986): Alfonso Corti (1822-1876) – Discoverer of the sensory end organ of hearing in Würzburg. – ORL J. Otorhinolaryngol. Relat. Spec. 48: 61-67.
- KLIMPEL, S., M. FÖRSTER & G. SCHMAHL (2007): Parasites of two abundant sympatric rodent species in relation to host phylogeny and ecology. – Parasitol. Res. 100: 867-875.
- KNOTHE, K. & T. KLIMPEL (2002): Schienenlärm: Ergebnisse aus deutschen und europäischen Forschungsvorhaben. – Z. Lärmbekämpfung 49: 46-49.
- KÖHLER, W., G. SCHACHTEL & P. VLESKE (2002): Biostatistik: Einführung in die Biometrie für Biologen und Agrarwissenschaftler. 3. Aufl. – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 301 S.
- KORN, H. (1986): Changes in home range size during growth and maturation of the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) and the bank vole (*Clethrionomys glareolus*). – Oecologia 68: 623-628.
- KORN, H. (1987): Effects of live-trapping and toe-clipping on body weight of European and African rodent species. – Oecologia 71: 597-600.
- KORNEEV, V.A. (2003): Ecological connections between gamasid mites (Arachnida, Gamasoidea) and small mammals in forest biotopes of the middle Volga region. – Russ. J. Ecol. 34: 133-137.
- KRISTAN, D.M. (2002): Effects of intestinal nematodes during lactation: consequences for host morphology, physiology and offspring mass. – J. Exp. Biol. 205: 3955-3965.
- KRISTAN, D.M. & K.A. HAMMOND (2003): Physiological and morphological responses to simultaneous cold exposure and parasite infection by wild-derived house mouse. – Funct. Ecol. 17: 464-471.
- LAMM, K., C. MICHAELIS, K. DEINGRUBER, R. SCHELER, H.J. STEINHOFF, I. GRÖBER, M. HUTH, C. KUTSCHER & W. ARNOLD (2004): Innenohrschäden durch Freizeitlärm und Breitbandrauschen. – HNO 52: 301-310.
- LANDIS, C. & W.A. HUNT (1939): The startle pattern. – Farrar & Rinehart, New York, 168 S.
- LANGLEY, R. & J.S. FAIRLEY (1982): Seasonal variations of parasites in a wood mouse *Apodemus sylvaticus* population in the west of Ireland. – J. Zool. (Lond.) 198: 249-261.
- LAY, D.M. (1967): A study of mammals of Iran. – Fieldiana Zool. 54: 1-282.

- LAY, D.C., Jr. (2000): Consequences of stress during development. In: MOBERG, G. & J.A. MENCH (Hrsg.): The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Animal Welfare. – CAB International, Wallingford, S. 249-267.
- LAYNE, J.N. (1972): Tail autotomy in the Florida Mouse, *Peromyscus floridanus*. – J. Mammal. 53: 62-71.
- LE ROUX, V., J.L. CHAPUIS, Y. FRENOT & P. VERNON (2002): Diet of the house mouse (*Mus musculus*) on Guillou Island, Kerguelen archipelago, subantarctic. – Pol. Biol. 25: 49-57.
- LESCHUS, H. (1999): Flora der Bahnanlagen im nördlichen Bergischen Land. – Jber. naturwiss. Ver. Wuppertal 52: 121-198.
- LÖGLER, G., E. STOLPER & C. RÖHLIG (1997): Vegetationskontrolle im Gleisbereich. – Eisenbahningenieur 48: 16-20.
- LUCIUS, R. & B. LOOS-FRANK (1997): Parasitologie: Grundlagen für Biologen, Mediziner, Veterinärmediziner. – Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 369 S.
- LUEBKE, A.E., P.K. FOSTER, C.D. MULLER & A.L. PEEL (2001): Cochlear function and transgene expression in the Guinea Pig cochlea, using adenovirus- and adeno-associated virus-directed gene transfer. – Hum. Gene Ther. 12: 773-781.
- MACZEY, N. & P. BOYE (1995): Lärmwirkungen auf Tiere – ein Naturschutzproblem? – Nat. Landsch. 70: 545-549.
- MAIER, M., F. HEILMANN & R. BLOCK (1997): Diesellokomotiven deutscher Eisenbahnen. Technische Entwicklungen. Die Baureihen. – Alba Fachverlag, Düsseldorf, 360 S.
- MARAGHI, S., K.R. WALLBANKS & D.H. MOLYNEUX (1995): Oral transmission of trypanosomes of the subgenus *Herpetosoma* from small mammals. – Parasitol. Res. 81: 693-695.
- MARKL, H. & G. EHRET (1973): Die Hörschwelle der Maus (*Mus musculus*) – Eine kritische Wertung der Methoden zur Bestimmung der Hörschwelle eines Säugetiers. – Z. Tierpsychol. 33: 274-286.
- MARTENS, J. (1999): Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. – Oldenburg Wissenschaftsverlag, München, 281 S.
- MCKEE, R.C. & G.H. ADLER (2002): Tail autotomy in the Central American spiny rat, *Proechimys semispinosus*. – Stud. Neotrop. Fauna Environ. 37: 181-185.
- MEHLHORN, H. & W. PETERS (1983): Diagnose der Parasiten des Menschen einschließlich der Therapie einheimischer und tropischer Parasitosen. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 275 S.
- MEHLHORN, H., D. DÜWEL & W. RAETHER (1993): Diagnose und Therapie der Parasitosen von Haus-, Nutz- und Heimtieren. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 529 S.
- MEHLHORN, H. & G. PIEKARSKI (2002): Grundriß der Parasitenkunde. 6. Aufl. – Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 516 S.
- MEMARAN, M. (1970): Die Helminthenfauna der Waldmaus (*Apodemus sylvaticus* L.), der Gelbhalsmaus (*Apodemus flavicollis* Melchior) und der Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus* Schreber) im Naturpark Hoher Vogelsberg. – Dissertation, Universität Gießen.
- MEY, E. (2003): Ordnung Phtiraptera, Tierläuse, Lauskerfe. In: DATHE, H. (Hrsg.): Lehrbuch der speziellen Zoologie. Band I, Wirbellose Tiere, Teil 5, Insecta, 2. Aufl. – Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, S. 308-330.
- MEYER, W., G. EILERS & A. SCHNAPPER (2003): Müll als Nahrungsquelle für Säugetiere und Vögel. 1. Aufl. – Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben, 174 S.

- MICHAUX, J. R., J. GOÛY DE BELLOCQ, M. SARÀ & S. MORAND (2002): Body size increase in insular rodent populations: a role for predators? – *Global Ecol. Biogeogr.* 11: 427-436.
- MICHENER, G.R. (1976): Tail autotomy as an escape mechanism in *Rattus rattus*. – *J. Mammal.* 57: 600-603.
- MILAZZO, C., J. GOÛY DE BELLOCQ, M. CAGNIN, J.C. CASANOVA, C. DI BELLA, C. FELIU, R. FONS, R. MORAND & F. SANTALLA (2003): Helminths and Ectoparasites of *Rattus rattus* and *Mus musculus* from Sicily, Italy. – *Comp. Parasitol.* 70: 199-204.
- MILAZZO, C., G. ALOISE, M. CAGNIN, C. DI BELLA, F. GERACI, C. FELIU & J.C. CASANOVA (2005): Helminths of *Apodemus sylvaticus* (Muridae) distributed on the southern european border (Italian peninsula). – *Vie et Milieu* 55: 45-51.
- MILLER, R.S. (1955): Activity rhythms in the wood mouse *Apodemus sylvaticus*, and the bank vole *Clethrionomys glareolus*. – *Proc. Zool. Soc. Lond.* 125: 505-519.
- MIRAM, W. & D. KRUMWIEDE (1985): Informationsverarbeitung; Reizphysiologie, Sinnesphysiologie, Neurophysiologie, Kybernetik. (Materialien für den Sekundarbereich II, Biologie). – Schroedel Schulbuchverlag, Hannover, 151 S.
- MITCHELL-JONES, A.J., G. AMORI, W. BOGDANOWICZ, B. KRYŠTUFEK, P.J.H. REIJNDERS, F. SPITZENBERGER, M. STUBBE, J.B.M. THISSEN, V. VOHRALIK & J. ZIMA (1999): The Atlas of European Mammals. – Academic Press, London, 484 S.
- MOBERG, G.P. (2000): Biological response to stress: Implications for animal welfare. In: MOBERG, G. & J.A. MENCH (Hrsg.): The Biology of Animal Stress: Basic principles and implications for animal welfare. – CAB International, Wallingford, S. 1-21.
- MOHR, E. (1941): Schwanzverlust und Schwanzregeneration bei Nagetieren. – *Zool. Anz.* 135: 49-65.
- MONTGOMERY, W.I. (1981): A removal experiment with sympatric populations of *Apodemus sylvaticus* (L.) and *A. flavicollis* (Melchior) (Rodentia: Muridae). – *Oecologia* 51: 123-132.
- MONTGOMERY, W.I. & J. GURNELL (1985): The behaviour of *Apodemus*. In: FLOWERDEW, J.R., J. GURNELL & J.H.W. GIPPS (Hrsg.): The ecology of woodland rodents: Bank voles and Wood mice. – *Symp. Zool. Soc. Lond.* 55: 89-115.
- MONTGOMERY, S.S.J. & W.I. MONTGOMERY (1988): Cyclic and non-cyclic dynamics in populations of the helminth parasites of wood mice, *Apodemus sylvaticus*. – *J. Helminthol.* 62: 78-90.
- MONTGOMERY, W.I. (1989a): Population regulation in the wood mouse, *Apodemus sylvaticus*. I. Density dependence in the annual cycle of abundance. – *J. Anim. Ecol.* 58: 465-475.
- MONTGOMERY, W.I. (1989b): Population regulation in the wood mouse, *Apodemus sylvaticus*. II. Density dependence in spatial distribution and reproduction. – *J. Anim. Ecol.* 58: 477-494.
- MOORE, N.P., N. ASKEW & J.D. BISHOP (2003): Small mammals in new farm woodlands. – *Mammal Rev.* 33: 101-104.
- MORITZ, M. (1994): Ordnung Acari – Milben. In FÜLLER, H., H.E. GRUNER, G. HARTWICH, R. KILIAS & M. MORITZ: *Urania Tierreich, Wirbellose Tiere 2*. – Urania Verlag, Leipzig, Jena, Berlin, S. 283-312.
- MURÚA, R.E. (1978): Studies on the ecology of parasites of *Apodemus sylvaticus* (L.) and *Clethrionomys glareolus* (Schreb.) (Rodentia): Analysis of the parasite populations and their seasonal variation in the Bristol area. – *Acta Parasitol. Polon.* 25: 149-161.

- NIETHAMMER, J. (1978): *Apodemus sylvaticus* (Linnaeus, 1758) – Waldmaus. In: NIETHAMMER, J. & F. KRAPP (Hrsg.): Handbuch der Säugetiere Europas, Band 1, Nagetiere I. – Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden, S. 337-358.
- NOWAK, R.M. (1991): Old World Wood and Field Mice. In: Walker's Mammals of the World. 5th Ed. Vol II. – Johns Hopkins University Press, Baltimore, S. 771-772..
- ODENING, K. (1974): Parasitismus – Grundfragen und Grundbegriffe. – Akademie Verlag, Berlin, 170 S.
- OWEN, D.G. (1992): Parasites of laboratory animals. In: Laboratory Animal Handbooks No. 12. – Roy. Soc Med. Serv. Ltd, London, 170 S.
- PEICHL, L. & K. MOUTAIROU (1998): Absence of short-wavelength sensitive cones in the retinae of seals (Carnivora) and African giant rats (Rodentia). – Europ. J. Neurosci. 10: 2586-2594.
- PELIKÁN, J., J. ZEJDA & M. HOMOLKA (1983): Mammals in the urban agglomeration of Brno. – Acta Sc. Nat. Brno 17: 1-49.
- PFEIFFER, M. (Internet): Die Bodenfauna der Düngeversuchsfläche Ochsenhausen. – Online unter: http://www.fva-bw.de/forschung/bu/bodenschluessel/artb_dermanyssoidea.html (Recherchedatum: 1.8.2005).
- PFLUMM, W. (1996): Biologie der Säugetiere. 2. Auflage. – Parey Buchverlag, Berlin, 565 S.
- PHIPPARD, D., L. LIU, D. LEE, J.C. SAUNDERS & E.B. CRENSHAW III (1999): Targeted mutagenesis of POU-Domain Gene Brn4/pou3f4 causes developmental defects in the inner ear. – J. Neurosci. 19: 5980-5989.
- PLESNER JENSEN, S. (1993): Temporal changes in food preferences of wood mice (*Apodemus sylvaticus* L.). – Oecologia 94: 76-82.
- PREYER, W. (1882): Die Seele des Kindes. Beobachtungen über die geistige Entwicklung des Menschen in den ersten Lebensjahren. – Grieben-Verlag, Leipzig.
- PRO BAHN (2002): Fahrgastverband fordert neue Züge für den „Borkener“. – Pressemitteilung des Fahrgastverbands PRO BAHN Ruhr vom 26.3.2002, online unter: http://www.probahn-ruhr.de/presse/ps_archiv02_03.htm (Recherchedatum: 14.8.07)
- PSCHYREMBEL (1993): Klinisches Wörterbuch, 257. Aufl. – de Gruyter, Berlin, New York, 1722 S.
- REIDEL, K. (1995): Flora und Vegetation des ehemaligen Sammelbahnhofs Essen-Frintrop. – Flor. Rundbr. 29: 68-85.
- REITMEIER, H. (Internet): Lichtgrößen. – Online unter: <http://www.reitmayer.de/phligroe.html> (Recherchedatum: 17.2.2007)
- RESEARCH ANIMAL DIAGNOSTIC LABORATORY (Internet): Ectoparasites of Rodents and Rabbits. – Online unter: <http://www.radil.missouri.edu/info/para/Ectoparasites/> (Recherchedatum: 5.9.2005)
- REUTTER, B.A., V. HELFER, A.H. HIRZEL & P. VOGEL (2003): Modelling habitat-suitability using museum collections: an example with three sympatric *Apodemus* species from the Alps. – J. Biogeogr. 30: 581-590.
- RIEDER, N. & K. SCHMIDT (1987): Morphologische Arbeitsmethoden in der Biologie. – VCH Verlag GmbH, Weinheim, 223 S.
- ROBERTS, S.C., L.M. GOSLING, E.A. THORNTON & J. MCCLUNG (2001): Scent marking by male mice under the risk of predation. – Behav. Ecol. 12: 698-705.
- ROGAN, M.T., P.S. CRAIG, G. HIDE, S. HEATH, A. PICKLES & D.M. STOREY (2007): The occurrence of the trematode *Plagiorchis muris* in the wood mouse *Apodemus sylvaticus* in North Yorkshire, UK. – J. Helminthol. 81: 57-62.

- ROLL, E. (2004): Ausgleichsmaßnahmen auf stillgelegten Bahnanlagen – Grenzen und Möglichkeiten. – Eisenbahningenieur 55: 56-57.
- ROMMEL, M., J. ECKERT, E. KUTZER, W. KÖRTING & T. SCHNIEDER (2000): Veterinärmedizinische Parasitologie. 5. Aufl. – Parey Buchverlag, Berlin, 905 S.
- RONKAINEN, H. & H. YLÖNEN (1994): Behaviour for cyclic bank voles under risk of mustelid predation: do females avoid copulations? – Oecologia 97: 377-381.
- SABUNCU, T., E. ARIKAN, E. TAŞAN & H. HATEMI (1999): Comparison of the associations of body mass index, percentage body fat, waist circumference and waist/hip ratio with hypertension and other cardiovascular risk factors. – Turk. J. Endocrinol. Metabol. 3: 137-142.
- SALVI, R.J., R.P. HAMERINK & D. HENDERSON (1979): Auditory nerve activity and cochlear morphology after noise exposure. – Arch. Otorhinolaryngol. 224: 111-116.
- SCHAEFER, M. (2002): BROHMER (Begr.), Fauna von Deutschland. 21 Aufl. – Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim, 791 S.
- SCHALK, G. & M.R. FORBES (1997): Male biases in parasitism of mammals: effects of study type, host age, and parasite taxon. – Oikos 78: 67-74.
- SCHIEBLER, T.H. & W. SCHMIDT (Hrsg.) (1991): Anatomie. 5. Aufl. – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (u.a.), 912 S.
- SCHIEBLER, T.H., U. PEIPER & F. SCHNEIDER (1986): Histologie. Lehrbuch der Cytologie, Histologie und mikroskopischen Anatomie des Menschen, 2. Aufl. – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 669 S.
- SCHIECK, J.O. & J.S. MILLAR (1985): Alimentary tract measurements as indicators of diets of small mammals. – Mammalia 49: 93-104.
- SCHLEIDT, W.M. (1952): Reaktionen auf Töne höherer Frequenzen bei Nagern. Naturwissenschaften 89: 69-70.
- SCHMIDT, G. (2000): Giftige und gefährliche Spinnentiere. 2. überarb. Aufl. – Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben, 215 S.
- SCHRÖPFER, R. (1984a): Rötelmaus – *Clethrionomys glareolus* (Schreber, 1780). In: SCHRÖPFER, R., R. FELDMANN & H. VIERHAUS (Hrsg.): Die Säugetiere Westfalens. – Abh. Westf. Mus. f. Naturkunde, Münster, S. 188-192.
- SCHRÖPFER, R. (1984b): Waldmaus – *Apodemus sylvaticus* (Linnaeus, 1758). In: SCHRÖPFER, R., R. FELDMANN & H. VIERHAUS (Hrsg.): Die Säugetiere Westfalens. – Abh. Westf. Mus. f. Naturkunde, Münster, S. 240-246.
- SCHULTE-WERNING, B., K. JÄGER, R. STRUBE & L. WILLENBRINK (2003): Recent developments in noise research at Deutsche Bahn (noise assessment, noise source localization and specially monitored track). – J. Sound Vibr. 267: 689-699.
- SCHUMANN, H. (1994): Ordnung Phthiraptera – Tierläuse, Ordnung Siphonaptera – Flöhe. In GÜNTHER, K., H.J. HANNEMANN, F. HIEKE, E. KÖNIGSMANN, F. KOCH & H. SCHUMANN: Urania Tierreich, Insekten. – Urania Verlag, Leipzig, Jena, Berlin, S. 152-160 und 587-593.
- SENGHAS, K. & S. SEYBOLD (1993): Schmeil – Fitschen (Begr.), Flora von Deutschland (und angrenzender Länder). 89. Aufl. – Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg, Wiesbaden, 802 S.
- SHARGAL, E., L. RATH-WOLFSON, N. KRONFELD & T. DAYAN (1999): Ecological and histological aspects of tail loss in spiny mice (Rodentia: Murida: *Acomys*) with a review of its occurrence in rodents. – J. Zool. (Lond.) 249: 187-193.

- SKJÖNSBERG, A., P. HERRLIN, M. DUAN, A.C. JOHNSON & M. ULFENDAHL (2005): A guinea pig strain with recessive heredity of deafness, producing normal-hearing heterozygotes with resistance to noise trauma. – *Audiol. Neurootol.* 10: 323-330.
- SMAL, C.M. & J.S. FAIRLEY (1980a): Food of wood mice and bank voles in oak and yew woods in Killarney, Ireland. – *J. Zool. (Lond.)* 191: 413-418.
- SMAL, C.M. & J.S. FAIRLEY (1980b): The fruits available as food to small rodents in two woodland ecosystems. – *Holarct. Ecol.* 3: 10-18.
- SMYTH, M. (1966): Winter breeding in woodland mice, *Apodemus sylvaticus*, and voles, *Clethrionomys glareolus* and *Microtus agrestis*, near Oxford. – *J. Anim. Ecol.* 35: 471-485.
- STADT ESSEN (Internet): http://www.essen.de/Deutsch/Rathaus/Statistik/Statistik_Bevoelkerung.asp (Recherchedatum: 4.4.2007)
- STANKO, M., D. MIKLISOVA, J. GOÜY DE BELLOCQ & S. MORAND (2002): Mammal density and pattern of ectoparasite species richness and abundance. – *Oecologia* 131: 289-295.
- STANYON, R, F. YANG, A.M. MORESCALCHI & L. GALLEN (2004): Chromosome painting in the long-tailed field mouse provides insights into the ancestral murid karyotype. – *Cytogenet. Genome Res.* 105: 406-411.
- STARCK, J.M. (1999): Structural flexibility of the gastro-intestinal tract of vertebrates – implications for evolutionary morphology. – *Zool. Anz.* 238: 87-101.
- STENDER, J. (1979): Die Wendezugwagen der DB für die S-Bahn Rhein-Ruhr. – *Eisenbahningenieur* 30: 300-308.
- STENLING, R. & H.F. HELANDER (1981): Stereological studies on the small intestinal epithelium of the rat. 1. The absorptive cells of the normal duodenum and jejunum. – *Cell Tiss. Res* 217: 11-21.
- STODDARD, D.M. (1976): Effect of the odor of weasels (*Mustela nivalis* L.) on trapped samples of their prey. – *Oecologia* 22: 439-441.
- STODDARD, D.M. & G.D. SALES (1985): The olfactory and acoustic biology of wood mice, yellownecked mice and bank voles. In: FLOWERDEW, J.R., J. GURNELL & J.H.W. GIPPS (Hrsg.): *The ecology of woodland rodents: Bank voles and Wood mice.* – *Symp. Zool. Soc. Lond.* 55: 117-139.
- STOPKA, P. & D.W. MACDONALD (2003): Way-marking behaviour: an aid to spatial navigation in the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*). – *BMC Ecology* 3:3.
- STORCH, G. (1978): *Glis glis* (Linnaeus, 1766) – Siebenschläfer. In: NIETHAMMER, J. & F. KRAPP (Hrsg.): *Handbuch der Säugetiere Europas, Band 1, Nagetiere I.* – Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden, S. 243-258.
- STUDER, W. (2007): PSB Music Videos – Capsule Descriptions. – Online unter: <http://www.geowayne.com/master.html?http://www.geowayne.com/psbvideos.htm> (Recherchedatum: 2.5.07)
- SUKOPP, H. & R. WITTIG (Hrsg.): *Stadtökologie.* 2. Aufl. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 474 S.
- SULLIVAN, T.P., D.R. CRUMP & D.S. SULLIVAN (1988): Use of predator odors as repellents to reduce feeding damage by herbivores. – *J. Chem. Ecol.* 14: 363-377.
- SUN, Y., K.G. KOSKI, C.J. WYKES & M.E. SCOTT (2002): Dietary pectin, but not cellulose, influences *Heligmosomoides polygyrus* (Nematoda) reproduction and intestinal morphology in the mouse. – *Parasitology* 124: 447-455.
- SURES, B. & B. STREIT (2001): Eel parasite diversity and intermediate host abundance in the River Rhine, Germany. – *Parasitology* 123: 185-191.

- SZÉL, Á., B. JULIUSSON, A. BERGSTRÖM, K. WILKE, B. EHINGER, T. VAN VEEN (1994): Reversed ratio of color-specific cones in rabbit retinal cell transplants. – *Dev. Brain Res.* 81: 1-9.
- TANTON, M.T. (1965): Problems of live-trapping and population estimation for the wood mouse, *Apodemus sylvaticus* (L.). – *J. Anim. Ecol.* 34:1-22
- TATTERSALL, F.H., D.W. MACDONALD, B.J. HART, W.J. MANLEY & R.E. FEBER (2001): Habitat use by wood mice (*Apodemus sylvaticus*) in a changeable landscape. – *J. Zool. (Lond.)* 255: 487-494.
- TELLERÍA, J.L., T. SANTOS & M. ALCÁNTARA (1991): Abundance and food-searching intensity of wood mice (*Apodemus sylvaticus*) in fragmented forests. – *J. Mammal.* 72: 183-187.
- TENORA, F., R. WIGER & V. BARUŠ (1979): Seasonal and annual variations in the prevalence of helminths in a cyclic population of *Clethrionomys glareolus*. – *Holarct. Ecol.* 2: 176-181.
- TENORA, F. (2004): Corrections in the taxonomic position for the helminth-fauna of *Apodemus* spp. (Rodentia) in the Czech Republic. – *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendel. (Brno)* 52: 7-14.
- TESTER, U. (1986): Vergleichende Nahrungsuntersuchung beim Steinmarder *Martes foina* (Erxleben, 1777) in großstädtischem und ländlichem Habitat. – *Säugetierkundl. Mitt.* 33: 37-52.
- THALER, L. (1973): Nanisme et gigantisme insulaire. – *La Recherche* 37: 741-750.
- THIENPONT, D., F. ROCHETTE & O.F.J. VANPARIJS (1979): Diagnose von Helminthosen durch koproskopische Untersuchung. – Janssen Research Foundation, Beerse (BE), 187 S.
- THOMAS, W. (2001): Floristische Beobachtungen auf dem Güterbahnhof Münster. – *Natur und Heimat* 61: 59-64.
- THORPE, R.S., M. CORTI & E. CAPANNA (1982): Morphometric divergence of Robertsonian populations/species of *Mus*: A multivariate analysis of size and shape. – *Experientia* 38: 920-923.
- TODD, I.A., TEW, T.E. & D.W. MACDONALD (2000): Habitat use of the arable ecosystem by wood mice (*Apodemus sylvaticus*). 1. Macrohabitat. – *J. Zool. (Lond.)* 250: 299-303.
- TORRE, I., A. ARRIZABALAGA & M. DIAZ (2002): Ratón de Campo (*Apodemus sylvaticus* Linnaeus, 1758). – *Galemys* 14: 1-26.
- TORRES, J., J. DE LAPUENTE, C. EIRA & J. NADAL (2004): Cadmium and lead concentrations in *Gallegoides arfaai* (Cestoda: Anoplocephalidae) and *Apodemus sylvaticus* (Rodentia: Muridae) from Spain. – *Parasitol. Res.* 94: 468-470.
- TROGE, A. (2005): Der Lärm im Schienenverkehr. – *Eisenbahntechn. Rundsch.* 54: 577-578.
- TRUTE, I. (2006): Landschaftspflegerische Maßnahmen bei Arbeiten an Eisenbahnstrecken. – *Eisenbahningenieur* 55: 12-15.
- TSAI, H., R.E. HARDISTY, C. RHODES, A.E. KIERNAN, P. ROBY, Z. TYMOWSKA-LALANNE, P. MBURU, S. RASTAN, A.J. HUNTER S. BROWN & K.P. STEEL (2001): The mouse slalom mutant demonstrates a role for jagged 1 neuroepithelial patterning in the organ of Corti. – *Hum. Mol. Genet.* 10: 507-512.
- UDERSTÄDT, D. (2001): Tonhaltige Geräusche durch Schienenfahrzeuge. – *Z. Lärmbekämpfung* 48: 7-14.
- ÚLEHLOVÁ, L., H. BURDA & L. VOLDŘICH (1984): Involution of the auditory neuro-epithelium in a tiger (*Panthera tigris*) and a jaguar (*Panthera onca*). – *J. Comp. Path.* 94: 153-157.
- VON BRAUNSCHWEIG, A. (1962): Beitrag über das Auswachsen der Schalen beim Wild. – *Z. Jagdwiss.* 8: 19-26.

- WALGER, M., U. SCHMIDT & H. V. WEDEL (1985): The Influence of moderate-intensity noise on the click-evoked compound action potential of the guinea pig. – Arch. Otorhinolaryngol. 242: 279-285.
- WANG, D., Y. PEI, J. YANG & Z. WANG (2003): Digestive tract morphology and food habits in six species of rodents. – Folia Zool. 52: 51-55.
- WANG, Y., K. HIROSE & M.C. LIBERMAN (2002): Dynamics of noise-induced cellular injury and repair in the mouse cochlea. – JARO 3: 248-268.
- WARD, J.F., D.W. MACDONALD & C.P. DONCASTER (1997): Responses of foraging hedgehogs to badger odour. – Anim. Behav. 53: 709-720.
- WATTS, C.H.S. (1968): The foods eaten by wood mice (*Apodemus sylvaticus*) and Bank Voles (*Clethrionomys glareolus*) in Wytham Woods, Berkshire. – J. Anim. Ecol. 37: 25-41.
- WIGER, R. (1979): Seasonal and annual variations in the prevalence of blood parasites in cyclic species of small rodents in Norway with special reference to *Clethrionomys glareolus*. – Holarct. Ecol. 2: 169-175.
- WILLE, N., M. PIPPERT & C. REUTER (2005): Potenziale und Maßnahmen der Eisenbahnverkehrsunternehmen für einen ökologisch optimierten Schienenverkehr. – Eisenbahntechn. Rundsch. 54: 579-586.
- WILLE, V. (2001): Wirkung von Störreizen auf überwinternde Wildgänse am Niederrhein unter besonderer Berücksichtigung des Faktors Lärm. – Angew. Landschaftsökol. 44: 33-39.
- WILSON, K., P. EADY & A.J. DEL NEVO (1998): Origin of an insular population of the wood mouse based on parasitological evidence. – J. Wildl. Dis. 34: 150-154.
- WITTIG, R. (2002): Dortmund, der Bahnhof mit den meisten Farnarten in Deutschland(!?). – Natur und Heimat 62: 13-16.
- WITTIG, R., H. SUKOPP, B. KLAUSNITZER & A. BRANDE (1998): Die ökologische Gliederung der Stadt. In: SUKOPP, H. & R. WITTIG (Hrsg.): Stadtökologie. 2. Aufl. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, S. 316-372.
- WITTIG, R. & B. STREIT (2004): Ökologie. – UTB Basics, Ulmer Verlag, Stuttgart, 304 S.
- WOLTON, R.J. (1983): The activity of free-ranging wood mice *Apodemus sylvaticus*. – J. Anim. Ecol. 52: 781-794.
- WOLTON, R.J. & B.J. TROWBRIDGE (1985): The effect of radio-collars on Wood mice, *Apodemus sylvaticus*. – J. Zool. (Lond.) 206: 222-224.
- YALDEN, D.V. (1980): Urban small mammals. – J. Zool. (Lond.) 191: 403-406.
- ZGRABCZYNSKA, E. & B. PILACINSKA (2002): Social relations in family-groups of wood mice *Apodemus sylvaticus* under laboratory and enclosure conditions. – Acta Theriol. 47: 151-162.
- ZILLMANN, U. & F. MUTSCHMANN (1999): Die wichtigsten Parasiten bei kleinen und größeren Heim- und Laboratoriumstieren – Kompendium. – Terra Verlag, Konstanz, 72 S.

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	–	Abbildung
AHZ	–	Äußere Haarzellen (des Innenohres)
Bhf	–	Bahnhof
BMI	–	Body-Mass Index
CBL	–	Condylbasallänge (Schädellänge)
cm	–	Zentimeter
CO	–	Corti-Organ (des Innenohrs)
da(%)	–	Distanz vom Apex (des CO) in Prozent
DB	–	Deutsche Bahn
dB	–	Dezibel
db(%)	–	Distanz von der Basis (des CO) in Prozent
df	–	Freiheitsgrade (degrees of freedom)
DRU	–	Darmrohrumfang
EBV	–	Endbremsvorgang (eines Zuges kurz vor dem Stillstand)
Ellok	–	Elektrische Lokomotive
F	–	F-Wert (der einfaktoriellen ANOVA, Statistik)
<i>f</i>	–	akustische Frequenz (Tonhöhe)
FB	–	Frequenzbereich (= Frequenzband)
FK	–	Länge der Fingerkralle
g	–	Gramm
h	–	Stunden
ha	–	Hektar
HBF	–	Hauptbahnhof
HBF-M	–	Hauptbahnhofsmäuse (= Gleismäuse)
HF	–	Hinterfußlänge
Hz	–	Hertz
IHZ	–	Innere Haarzellen
Kap.	–	Kapitel
kHz	–	Kilohertz
K-S-Test	–	Kolmogorov-Smirnov-Test (statistischer Test)
L _p (dB-SPL)	–	unbewerteter Schalldruckpegel in dB
m	–	Meter
µm	–	Mikrometer
µmol	–	Mikromol
MEZ	–	Mitteleuropäische Zeit
mIn	–	Mittlere Intensität (Parasitenbefall)
mm	–	Millimeter
Mv	–	Mikrovilli (des Dünndarms)

n	– Anzahl (Stichprobenumfang)
n_i	– Anzahl der Waldmausindividuen (Examination Innenohr)
n_o	– Anzahl der (Innen-)Ohren
p	– Irrtumswahrscheinlichkeit (bzw. in Kapitel 2.2.1: Aktueller Schalldruck in der Formel zur Errechnung des Schalldruckpegels)
P	– Prävalenz (Parasitenbefall)
p_0	– absolute Hörschwelle (des Menschen)
p_x	– mittlerer Schalldruck
Pa	– Pascal
PR	– Preyer-Reflex (der Pinnae)
PRK	– Preyer-Reflex-Kurven (PRK)
$Q_{G/KL}$	– Quotient aus Gewicht und Körperlänge (g/cm)
REM	– Rasterelektronenmikroskop
rZ	– Relative Zottenhöhe (Dünndarmmorphologie)
Σ	– Summe (insgesamt)
SAA	– Sichtung (einer Maus) außerhalb des Abschnitts während der SAE
SAE	– Systematische Aufnahmeeinheiten (Verhaltensaufnahmen am Hauptbahnhof)
Sek.	– Sekunde(n)
SIA	– Sichtung (einer Maus) im Abschnitt (Einteilung der Gleise in 26 m ² -Abschnitte) während der SAE
SQ	– Sichtigungsquotient (aus SIA und SAE)
Stabw.	– Standardabweichung (Statistik)
T	– T-Wert (des T-Tests, Statistik)
Tab.	– Tabelle
U	– U-Wert (des Mann-Whitney U-Tests, Statistik)
UA	– Unsystematische Aufnahmen
VBF	– Vorbeifahrt (eines Zuges am Mikrophon)
vgl.	– vergleiche
Vgl-M	– Vergleichsmäuse (aus Essener Grünanlagen, Gärten und dem Stadtwald)
vs.	– versus
WA	– Wöchentliche Anzahl der Einfahrten des Zugtyps in den HBF Essen
ZeM	– Zugspitze erreicht Mikrophon
ZK	– Länge der Zehenkralle



„In diesem Buch werden nur persönliche Erlebnisse geschildert; es ist weder ein anspruchsvolles Geschichtswerk noch eine philosophische Abhandlung. Es ist ein Bericht über mehrere Jahre bunten Herumstromerns und will dem sich ausruhenden Leser lieber eine müßige Stunde vertreiben helfen, als ihn mit Metaphysik quälen oder ihm mit Wissenschaft zusetzen. Und doch enthält das Buch Belehrendes... [...] Im großen und ganzen findet sich in diesem Buch sogar viel Belehrung. Ich bedaure das sehr, aber es hat sich wirklich nicht vermeiden lassen: Das Belehrende scheint mir von Natur aus so aus den Poren zu schwitzen wie den Kamelen der Kamelienduft.“ (Mark Twain, „Durch Dick und Dünn“⁵)

Als sich vor einigen Jahren Herr Professor Hynek Burda, nicht nur ein Tierkundler, sondern auch ein regelmäßiger Bahnfahrer, die Wartezeit am Hauptbahnhof von Essen damit verkürzte, die über die Gleisanlagen huschenden Mäuse zu beobachten, da reifte in ihm die Frage: Wie bringen es die Mäuse fertig, an diesem ganz und gar menschengemachten, naturfernen, lauten und ziemlich kargen Ort zu überleben? Einen Zoologen können derartige Rätsel nicht kalt lassen, einen Rodentologen zweimal nicht. Sie werfen Fragen auf. Aber das knappe Zeitbudget erlaubt es einem Professor nicht, jeder Frage selbst nachzugehen, deren Beantwortung er für lohnend hält und die noch dazu in seine Kompetenz fällt. Aber man kann ja andere damit beauftragen und dann unterstützen.

Es ist zu gut bekannt, um hier einen Nachweis führen zu müssen, dass die Wissenschaftsgeschichte voll ist von bedeutenden Erkenntnissen, die ihren Anfang in zufälligen und, für sich genommen, gewöhnlich erscheinenden Ereignissen nahmen. Das sagte ich mir jedenfalls und kam so zur Maus, nachdem ich mich zuvor mehr mit Spinnen befasst hatte. Es wurden einige Erlaubnisse eingeholt und ein paar Gespräche mit „Leuten von der Bahn“ geführt. Und nachdem ich an verschiedenen Stellen entschlossen versichert hatte, dass es sich bei unserem ersten und ernstem Ansinnen, nämlich auf den vielbefahrenen Bahngleisen des Hauptbahnhofs von Essen Mausefallen aufzustellen, gewiss um keinen Scherz handelte, starteten die Vorarbeiten. Das war im Mai 2001.

Nun sind einige arbeitssame Jahre vergangen, und die mehr als 60.000 Wörter, die ich hier im Hauptteil zu Papier und in eine hoffentlich verständliche, sinnvolle Reihenfolge gebracht habe, bilden nur ein aufgrund meiner subjektiven Einschätzungen und Entscheidungen angefertigtes Konzentrat dieser Arbeit. Sicher hätte man die gesammelten Daten auch anders berücksichtigen oder verarbeiten können. Vielleicht besser. Nun ist es zu spät, das Monument besteht. Es ist das Endprodukt zahlreicher Ideenwettbewerbe („Brainstormings“) und Diskussionen, Abwägungen und, schließlich, Handlungen. Es kann also leicht ein Zusammenhang hergestellt werden zwischen einer umfangreichen Arbeit und der langen Liste von Personen, die ihren Beitrag geliefert haben, diese Arbeit auch durchzuführen.

Meine aufrichtige Verbundenheit gilt allen Mitgliedern der Gleismaus-AG, die in den letzten Jahren mit mir zusammen an *Apodemus* aus Essen „herumforschten“. Das sind Simone Alberts, Eda Erhan, Hosniya Kohestani, Yasemin Özbey, Corinna Schlärman und

⁵ Aus dem Amerikanischen von Otto Wilck, Diogenes Verlag, Zürich 1990



Christine Seidel, Dipl.-Umweltwiss. Sebastian Bien, Stefan Damm, Christian Feldmann und Sascha Hemsing. Außerdem sind hier Petra Kraayvanger und Anja Nioduschewski zu nennen, die sich zwar mit Brückenspinnen befassen, die aber ihren Teil zum freundschaftlichen Arbeitsklima und dem zoologischen Meinungsaustausch innerhalb der Arbeitsgruppe beitrugen. Für meine geistige Ausgeglichenheit war es günstig, mich gelegentlich den Spinnen zuwenden zu dürfen, und die Mäuse ruhen lassen zu können.

Ganz besonders verpflichtet bin ich Herrn Brockmeier (Deutsche Bahn, Bochum-Langendreer) und den Mitarbeitern der DB Netz AG in Essen, für die stellvertretend die Herren Böcker, Graf, Klaka, Judith, Mette und Schalt genannt seien. Ohne ihren Einsatz wäre das gesamte Projekt von vorneherein zum Scheitern verurteilt gewesen. Ihre stete Hilfsbereitschaft im „Forschungsgebiet Hauptbahnhof Essen“ war über die Jahre eine unverzichtbare Stütze meiner Bemühungen.

PD Dr. Gero Hilken und seine Mitarbeiterinnen vom Zentralen Tierlabor des Universitätsklinikums Essen gewährten großzügige technische und wissenschaftliche Unterstützung. Expertenrat von unschätzbarem Wert gaben mir zudem Herr Ludger Willenbrink (DB Systemtechnik, München), sowie insbesondere die Parasitologen Prof. František Tenora (Mendel Universität, Brno/Brünn) und Prof. Vlastimil Baruš (Akademie der Wissenschaften, Brno/Brünn). Ihr professioneller Enthusiasmus machte zentrale Kapitel meiner Arbeit erst möglich.

Die Vielfalt der Bahnhofsfloora wäre mir ohne das pflanzenkundliche Wissen, das meine Essener Kollegen Dr. Guido Aschan und vor allem Dipl.-Forstw. Frank Sassmannshausen auf meine Bitte hin gerne einbrachten, ein dunkles Geheimnis geblieben.

Engagierte technische Hilfe leistete Herr Patrick Dubray vom Institut für Bauphysik und Materialwissenschaft der Universität Duisburg-Essen. Frau Heike Knirck (Arbeitssicherheit) und Michael Neugebauer (Allgemeine Botanik), der als einziger um die Geheimnisse wusste, die es brauchte, ein *nicht mehr ganz aktuelles* REM anzuwerfen und in Betrieb zu halten, möchte ich in diesem Zusammenhang ebenfalls nennen.

Es ist mir ein spezielles Bedürfnis, auszudrücken, wie sehr ich mich während meiner Doktorandenzeit immer darüber gefreut habe, in der Abteilung für Allgemeine Zoologie der Universität Duisburg-Essen eine ebenso angenehme wie inspirierende „Umwelt“ gefunden zu haben. Sie wurde insbesondere geprägt von Dr. Fritz-Bernd Ludescher, ohne den ich nicht in der Zoologie angekommen wäre, von Marie-Therese Bappert, Petra Hagemeyer, Sylvia Hardt, Dr. Simone Lange, Dr. Regina Moritz, Diana Moser, Anika Schinköth und Ingrid Bechler, Dr. Philip Dammann, Gerd Hamann, Rolf Hohmeister und Dr. Sabine Begall. Sabine las den „Prototyp“ dieser Arbeit mit staunenswerter Akkuratess Korrektur, und ihr Rat war mir sehr wertvoll – ich alleine verantwortete es, einige ihrer Vorschläge für noch mehr wissenschaftlich-nüchterne Sachlichkeit nicht übernommen zu haben.

Eine Selbstverständlichkeit und doch gleichzeitig eine große Freude ist es mir, meinen Doktorvater Professor Hynek Burda für seine geduldige Betreuung und die energische



Nachwort und Dank



Vertretung der dieser Dissertation zugrunde liegenden Idee hervorzuheben, sowie seine einzigartige Fähigkeit zur Motivation zu bewundern.

Geduld ist eine Qualität, die jeder Mensch benötigt, der heutzutage wahnsinnig genug ist, sich auf eine mehrjährige Reise durch die Höhen und Tiefen der tierkundlichen Wissenschaft zu begeben, statt seine Zeit darauf zu verwenden, reich zu werden oder sich wenigstens ein gesichertes, familienfreundliches Einkommen zu verschaffen. Geduld mit mir hatten viele, und ich möchte sie alle freundlich erwähnen, doch darf ich nicht weiter übertreiben und nenne daher an dieser Stelle nur Rosa Baches i Minoves, meine Lebensgefährtin Stefanie Huhn, und natürlich Helmut, Carla und Frank Schmitt.

Allen genannten Mitmenschen möchte ich sehr herzlich danken.

Anhang 2: Formblatt für akustische Messungen (Zugfahrten) am Hauptbahnhof Essen

Aufnahmeprotokoll: HBF-Akustik; Material: DAT-Recorder, Mikrofon (Sennheiser MEG6), dB-Meter



Datum/Zeit	Einstellungen DAT	Einst. ellung Mic	dB(A)-Wert 1 & Erläuterung	dB(A)-Wert 2 & Erläuterung	Messort am stehenden Zug (z.B. Mitte oder Lokköpfe)	Lokkz.	Wagertyp	Gleis	Anmerkungen (Durchfahrt o. Bremsgeräusch in Bezug auf den Messort)
27.5.03 13.45 Uhr	48 kHz, Mic Sennheiser Level 9 (Man)		94,2 durchfahrender Triebkopf	97,4 Bremsgeräusch vor Stillstand	etwa Zugmitte	401 (ICE)			Bremsgeräusch war nicht in Höhe des Messpunktes am lautesten

Anhang 3: Sonogramme und Lärmtabellen je Zugtyp (vgl. Tab. 5)

A 3.1 Sonogramm - Erläuterndes Beispiel

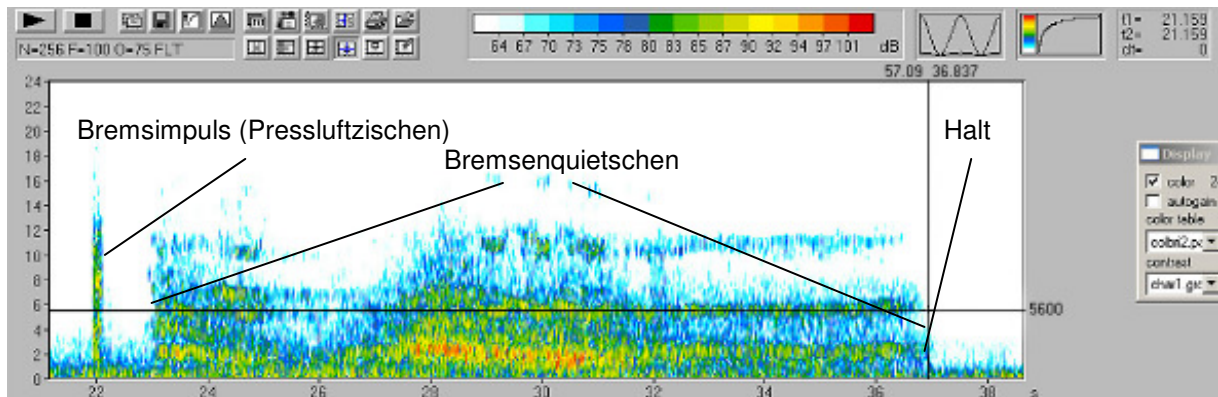


Abb. A.1 (entspricht Abb. 22): Sonogramm eines einfahrenden Zuges bis zum Halt. Die Darstellung ist dreidimensional: Die Abszisse zeigt die laufenden Sekunden der zugrunde liegenden Audiodatei (die hier gezeigten Spektrogramme sind Ausschnitte und stellen die entscheidende Phase von der Passage der Zugspitze am Mikrophon bis zum Stillstand dar). Auf der Ordinatenachse liegen die Frequenzen in kHz, die Färbung gibt die Lautstärke wieder (beachte die Farblegende der Schallpegel in dB). Das Fadenkreuz, der Abtast-Cursor des Programms, erlaubt die akkurate Reproduktion der genannten Parameter auf jedem Punkt des Spektrogramms. Im vorliegenden Fall liegt der Kreuzungspunkt bei Sekunde 36,837, Frequenz 5.600 kHz und Schallpegel 57,09 dB. Man sieht, dass der Bremsvorgang etwa bei Sekunde 23 einsetzt, nachdem ihm bei Sekunde 22 ein sehr kurzes, relativ breitbandiges Signal (Pressluftzischen) vorausgegangen ist, welches wahrscheinlich als „Vorbote“ des einsetzenden Endbremsvorganges – gekennzeichnet durch die Benutzung der Scheibenbremsen – aufzufassen ist. Die durch den Cursor markierte Frequenz ist keine Harmonische der darunterliegenden, synchronen, „Frequenzspur“ bei 2,1 kHz. Hier liegt vielmehr ein Quietschen zweier unabhängiger Quellen vor, also verschiedener Bremsen. Die lautesten Signale lassen sich etwa zwischen den lfd. Sekunden 28 und 31 erkennen, z. T. deutlich über 90 dB bei ~ 2 kHz.

A 3.2 Zugtyp S-143

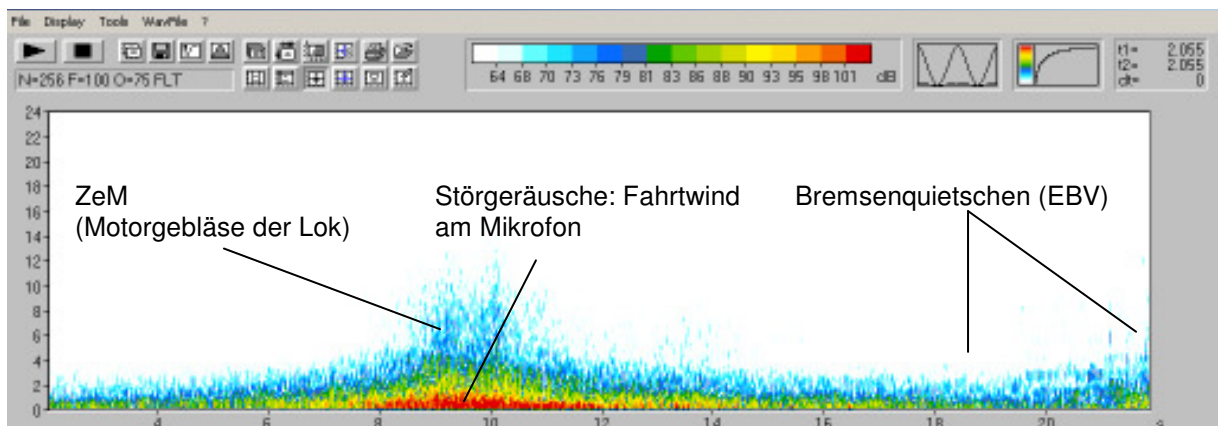


Abb. A.2: Einfahrt einer relativ leisen S-Bahn (S-143); die Vorbeifahrt vom Moment der Mikrophonpassage der Lok (Zug erreicht Mikrophon, ZeM) bis zum Stillstand dauerte 13 Sekunden, der Endbremsvorgang (EBV) nur 3 Sek. Die Bremsanlage des Zuges war leise, es ist allerdings möglich, dass die Schallpegel am Ort der Entstehung, nicht an dem der Messung (!), über 90 dB lagen. Ein Problem der Methode wird in den hohen Schallpegeln bei der Vorbeifahrt deutlich, hier mischten sich in die Rollgeräusche im „niederfrequenten“ Bereich (< 1 kHz) Störeinflüsse durch den Fahrtwind am Richtmikrophon.

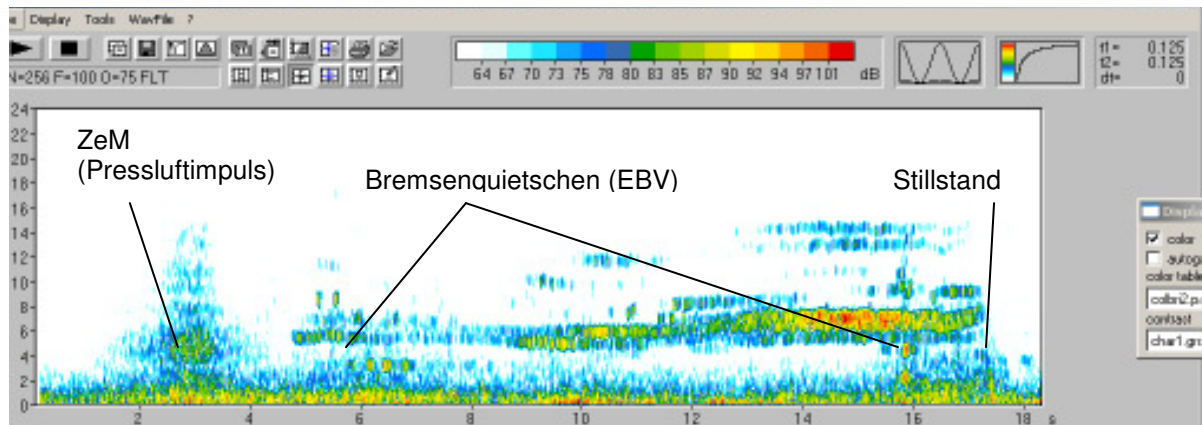


Abb. A.3: Einfahrt einer relativ lauten S-Bahn (S-143). Der Moment, da der Zugsanfang das Mikrofon passierte (ZeM), lag bei Sekunde drei, der Endbremsvorgang (EBV) dauerte 12,7 Sekunden, davon entfielen 5,1 Sekunden auf Schallpegel von > 90 dB bei einer Hauptfrequenz um 7 kHz (Harmonische im Bereich 14 kHz, < 80 dB).

Tab. A.1 (entspricht Tab. 6): Lärmemissionen (Sekunden je Frequenzbereich) von S-Bahnen (Gespanne mit Lok 143, $n_{\text{gesamt}} = 13$). EBV: Endbremsvorgang (starkes Abbremsen bis zum Stillstand), FB: Frequenzbereich in kHz, Stabw.: Standardabweichung, VBF: Vorbeifahrt (nicht durch Endbremsen, sondern durch Rollgeräusche, Pressluftzischen, etc. verursachter Lärm), WA: Anzahl der Einfahrten des Zugtyps in den HBF Essen pro Woche.
Deutungsbeispiel: der Endbremsvorgang (EBV) aller 13 gemessenen S-Bahnen vom Typ „143er-Gespanne“ dauerte im Mittel $6,4 \pm 3,1$ Sekunden, was, auf alle wöchentlich einfahrenden Züge dieses Typs hochgerechnet, 2.418 Mal pro Woche geschah. $2,1 \pm 1,9$ Sek. betrug die mittlere Dauer jenes Anteils des Bremsquietschens, der Lärm von mehr als 90 dB verursachte, hier von 5 (38,5 % von 13) Zügen emittiert (d.h. bei den übrigen 8 Gespannen erfolgte der abschließende Bremsvorgang leise und überstieg nicht die 90-dB-Grenze); hochgerechnet bedeutet das, dass dieses akustische Merkmal wöchentlich auf 930 Züge (38,5% von 2418) zutraf. Die Lärmemission im Frequenzbereich 1-2 kHz dauerte 0,6 Sekunden. Ein gemessener Zug setzte während des Bremsens 3,5 Sek. lang Geräusche von mehr als 90 dB zwischen 6,1 und 7 kHz frei. Der während der Vorbeifahrt (VBF) erzeugte Lärm > 90 dB erstreckte sich über 0,2 Sek.

Beachte: die Werte der Frequenzrubriken können mittelungsbedingt über jenem der Zeile „EBV > 90 dB“ liegen (hier: $3,5 > 2,1$ Sek.); überdies können sich die Sekundenangaben je FB sowohl auf synchrone als auch auf sukzessive Lärmemissionen beziehen.

S-143	Sek.	Stabw.	n	%	WA (Σ 2.418)
EBV	6,4	3,1	13	100,0	2.418
Lärm EBV > 90 dB	2,1	1,9	5	38,5	930
FB 1-2 kHz	0,6	-	1	7,7	186
FB 2,1-3 kHz	0,9	0,99	3	23,1	558
FB 3,1-4 kHz	1,3	1,48	2	15,4	372
FB 4,1-5 kHz	0,5	-	1	7,7	186
FB 5,1-6 kHz	0,7	-	1	7,7	186
FB 6,1-7 kHz	3,5	-	1	7,7	186
Lärm VBF > 90 dB	0,20	-	1	7,7	186
FB 4,1-5 kHz	0,20	-	1	7,7	186

A 3.3 Triebwagentyp S-420

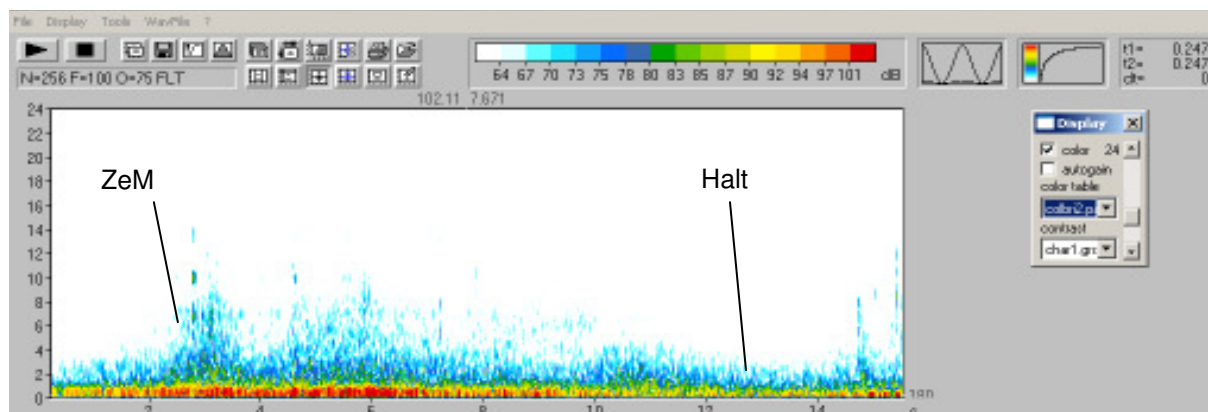


Abb. A.4: Einfahrt eines S-Bahn-Triebwagens Baureihe 420; der Endbremsvorgang (EBV) lässt sich optisch nicht festmachen, nur die Audiodatei ließ eine Aussage über den Moment des Zughaltes zu. Demnach dauerte die Vorbeifahrt von der Mikrofonpassage bis zum Stillstand 9,7 Sek. Größere Lautstärken (genauer: Schallpegel) waren nur im niederfrequenten Bereich < 1 kHz zu beobachten (Rollgeräusche).

Tab. A.2: Lärmemissionen von S-Bahnen (Triebwagen 420, $n_{\text{gesamt}} = 2$; EBV = Endbremsvorgang, VBF = Vorbeifahrt am Mikrofon, WA = wöchentliche Zugeinfahrten). Einer der beiden gemessenen Züge fuhr so leise ein, dass der EBV nicht akustisch determinierbar war.

S-420	Sek.	Stabw.	n	%	WA (incl. Nachfolgebaureihen 423/426, Σ 516)
EBV	12,50	-	1	50,0	258
Lärm EBV > 90 dB	-	-	0	0,0	0
Lärm VBF > 90 dB	-	-	0	0,0	0

A 3.4 Zugtyp Diesel-Solo

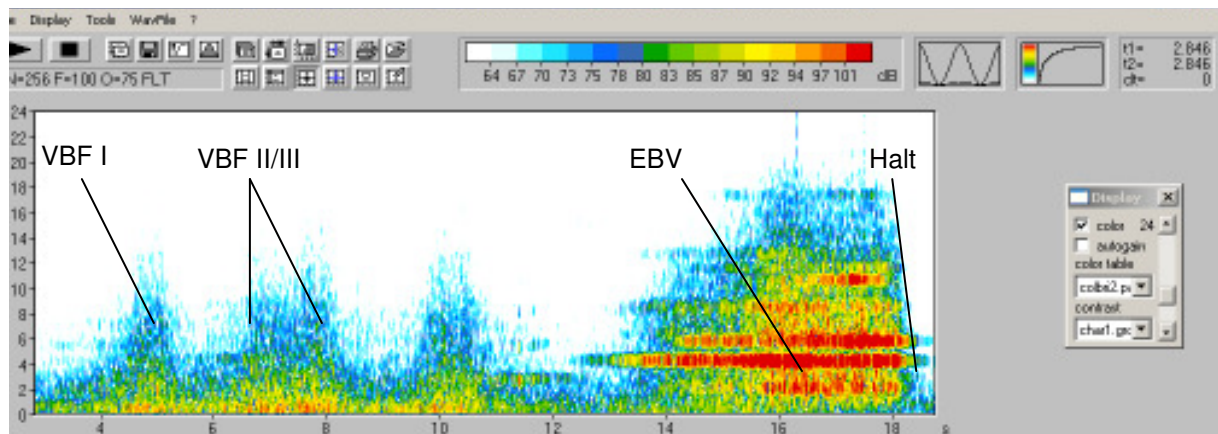


Abb. A.5: Einfahrt eines Diesel-Solo-Zuges mit sehr lauten Bremsgeräuschen im Bereich des Messtandortes. VBF I: Der Steuerwagen (mit dem Führerstand, die Lokomotive schiebt das Gespann) erreicht das Mikrofon, der Lärm wird vom Fahrgestell verursacht. VBF II/III: Der Übergang vom ersten (Steuerwagen) zum zweiten Wagen lässt recht deutlich die zwei „Lärmblöcke“ der aufeinanderfolgenden Fahrgestelle erkennen. Das erhebliche Quietschen während des Endbremsvorgangs (EBV) dauerte etwa 5 Sek. und zerfiel bei der Analyse in mehrere, klar differenzierbare Frequenzbänder, z.T. aus Obertönen, wobei die Hauptfrequenz (typisch für diesen Zugtyp) bei 4,3 kHz lag. Gut zu sehen ist außerdem, dass während des Endbremsens kaum mehr laute Rollgeräusche im Bereich unter 1 kHz emittiert wurden, wahrscheinlich aufgrund der geringen Geschwindigkeit. Bei diesem Zughalt wurde während des EBV über 4,1 Sekunden lang Lärm von mehr als 100 dB erzeugt.

Tab. A.3: Lärmemissionen (Sekunden je FB) von Zügen mit Dieselloks des Typs 218 an Solowagen ($n_{\text{gesamt}} = 10$; EBV = Endbremsvorgang, FB = Frequenzband, VBF = Vorbeifahrt am Mikrofon, WA = wöchentliche Zugeinfahrten).

Diesel-Solo	Sek.	Stabw.	n	%	WA (Σ 304)
EBV	6,07	3,6	10	100,0	304
Lärm EBV > 90 dB	2,07	1,7	10	100,0	304
FB 0,5-1 kHz	0,60	-	1	10,0	30
FB 2,1-3 kHz	2,10	2,4	2	20,0	61
FB 4,1-5 kHz	2,19	1,7	9	90,0	274
FB 5,1-6 kHz	2,65	1,9	2	20,0	61
FB 6,1-7 kHz	0,90	-	1	10,0	30
FB 8,1-9 kHz	1,20	1,0	5	50,0	152
FB 10,1-11 kHz	1,20	1,3	2	20,0	61
FB 12,1-13 kHz	0,20	0,2	3	30,0	91
Lärm EBV > 100 dB	1,73	1,4	6	60,0	182
FB 2,1-3 kHz	0,80	-	1	10,0	30
FB 4,1-5 kHz	1,73	1,4	6	60,0	182
FB 5,1-6 kHz	2,00	-	1	10,0	30
FB 8,1-9 kHz	0,40	-	1	10,0	30
FB 10,1-11 kHz	0,40	-	1	10,0	30
FB 12,1-13 kHz	0,10	-	1	10,0	30
Lärm VBF > 90 dB	3,85	2,0	6	60,0	182
FB 1-2 kHz	3,85	2,0	6	60,0	182
FB 2,1-3 kHz	3,78	2,2	6	60,0	182
FB 3,1-4 kHz	4,63	1,9	4	40,0	122
FB 4,1-5 kHz	4,47	2,8	3	30,0	91
FB 5,1-6 kHz	2,10	1,1	2	20,0	61
FB 6,1-7 kHz	2,10	1,1	2	20,0	61
FB 7,1-8 kHz	2,10	1,1	2	20,0	61
FB 8,1-9 kHz	2,10	1,1	2	20,0	61
FB 9,1-10 kHz	2,90	-	1	10,0	30

A 3.5 Zugtyp Ellok-Solo

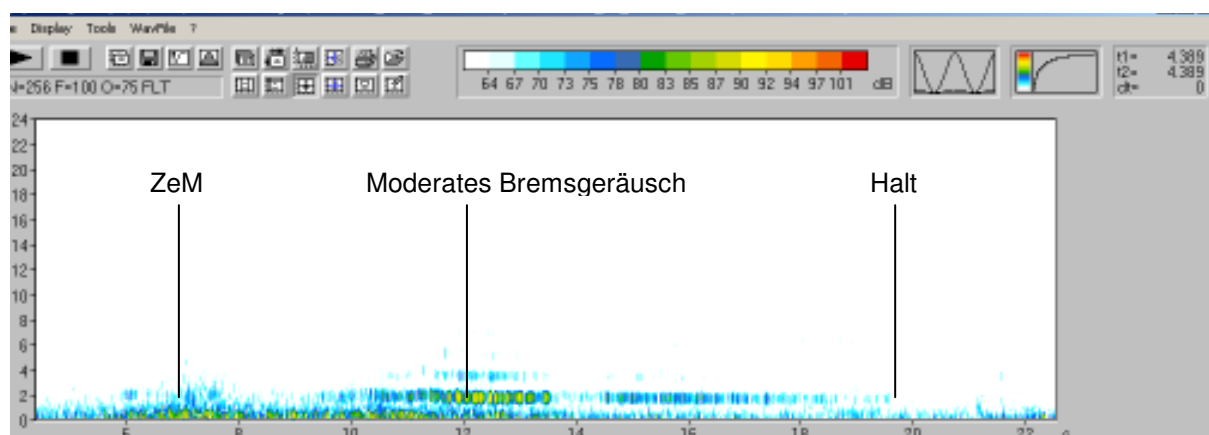


Abb. A.6: Erläuterung siehe Abb. A.8.

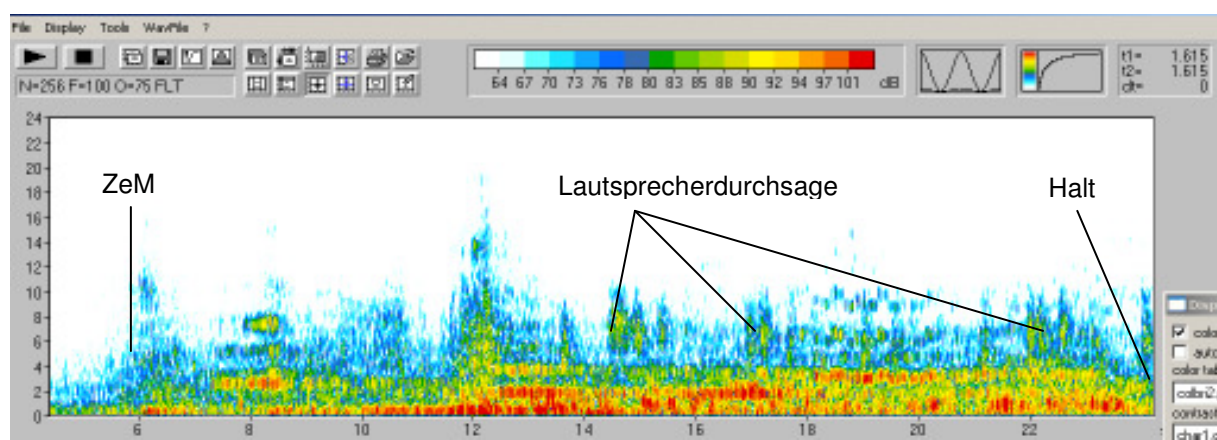


Abb. A.7: Zwei extreme Beispiele für die akustische Situation bei der Einfahrt von Ellok-Solo-Zügen. Der obere Zug Abb. 58a) fuhr, vor dem Hintergrund der anderen Lautereignisse am Bahnhof, gleichsam „geräuschlos“ ein, der untere dagegen erzeugte über 17 Sekunden lang außerordentlich viel Lärm im Frequenzband von etwa 1 bis 3,5 kHz.

Tab. A.4: Lärmemissionen (Sek. je FB) von Zügen mit Elektroloks der Baureihen 110 und 111 vor oder hinter Solowagen ($n_{\text{gesamt}} = 8$; EBV = Endbremsvorgang, FB = Frequenzband, VBF = Vorbeifahrt am Mikrophon, WA = wöchentliche Zugeinfahrten).

Ellok-Solo	Sek.	Stabw.	n	%	WA ($\Sigma 272$)
EBV	9,44	5,2	8	100,0	272
Lärm EBV > 90 dB	4,16	5,2	5	62,5	170
FB 0,5-1 kHz	3,60	-	1	12,5	34
FB 1-2 kHz	4,13	4,9	4	50,0	136
FB 2,1-3 kHz	1,55	0,4	2	25,0	68
FB 4,1-5 kHz	3,05	3,5	2	25,0	68
Lärm EBV > 100 dB	3,20	4,0	2	25,0	68
FB 0,5-1 kHz	1,65	1,8	2	25,0	68
FB 1-2 kHz	2,40	-	1	12,5	34
FB 2,1-3 kHz	0,30	-	1	12,5	34
FB 3,1-4 kHz	0,40	-	1	12,5	34
Lärm VBF > 90 dB	2,72	0,6	5	62,5	170
FB 1-2 kHz	2,72	0,6	5	62,5	170
FB 2,1-3 kHz	2,72	0,6	5	62,5	170
FB 3,1-4 kHz	3,10	0,4	3	37,5	102
FB 4,1-5 kHz	2,40	1,4	2	25,0	68

A 3.6 Zugtyp Ellok-Doppelstock

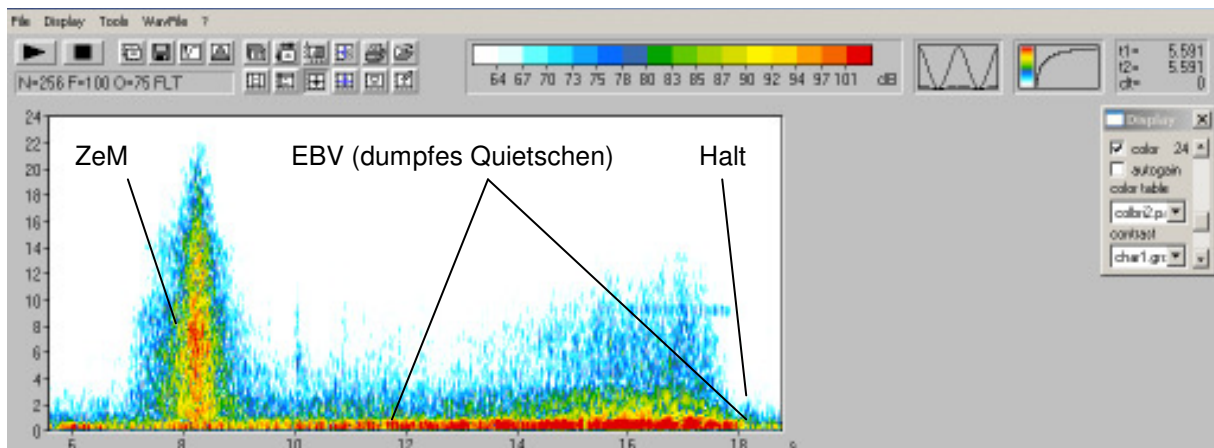


Abb. A.8: Einfahrt eines typischen Doppelstock-Nahverkehrsuges, die größte Schallenergie konzentriert sich auf Frequenzen um 0,5-0,7 kHz. In dem Moment, da der Steuerwagen das Mikrofon erreichte (ZeM), gab es dort einen kräftigen Pressluftimpuls, ein typisches breitbandiges Zischen. Dabei wurden bis in den Bereich von 14 kHz Schallpegel von > 90 dB erzeugt, bei ~ 7 kHz wurde die 100 dB-Marke überschritten.

Tab. A.5: Lärmemissionen (Sek. je FB) von Zügen mit Elektroloks der Baureihen 111 und 146 an Doppelstockwagen ($n_{\text{gesamt}} = 15$; EBV = Endbremsvorgang, FB = Frequenzband, VBF = Vorbeifahrt am Mikrofon, WA = wöchentliche Zugeinfahrten).

Ellok-Doppelstock	Sek.	Stabw.	n	%	WA (Σ 543)
EBV	7,57	3,4	12	80,0	434
Lärm EBV > 90 dB	7,79	4,0	8	53,3	290
FB 0,5-1 kHz	8,56	3,6	7	46,7	253
FB 1-2 kHz	0,50	-	1	6,7	36
FB 2,1-3 kHz	0,60	-	1	6,7	36
FB 5,1-6 kHz	1,80	-	1	6,7	36
Lärm EBV > 100 dB	4,69	2,4	7	46,7	253
FB 0,5-1 kHz	4,69	2,4	7	46,7	253
Lärm VBF > 90 dB	1,76	1,4	5	33,3	181
FB 1-2 kHz	2,10	1,4	4	26,7	145
FB 2,1-3 kHz	2,10	1,4	4	26,7	145
FB 3,1-4 kHz	1,00	1,0	3	20,0	109
FB 4,1-5 kHz	0,40	0,0	2	13,3	72
FB 5,1-6 kHz	0,40	0,0	2	13,3	72
FB 6,1-7 kHz	0,40	0,0	2	13,3	72
FB 7,1-8 kHz	0,40	0,0	2	13,3	72
FB 8,1-9 kHz	0,40	0,0	2	13,3	72
FB 9,1-10 kHz	0,40	0,0	2	13,3	72
FB 10,1-11 kHz	0,40	-	1	6,7	36
FB 11,1-12 kHz	0,40	-	1	6,7	36
FB 12,1-13 kHz	0,40	-	1	6,7	36
FB 13,1-14 kHz	0,40	-	1	6,7	36

A 3.7 Zugtyp EC/IC

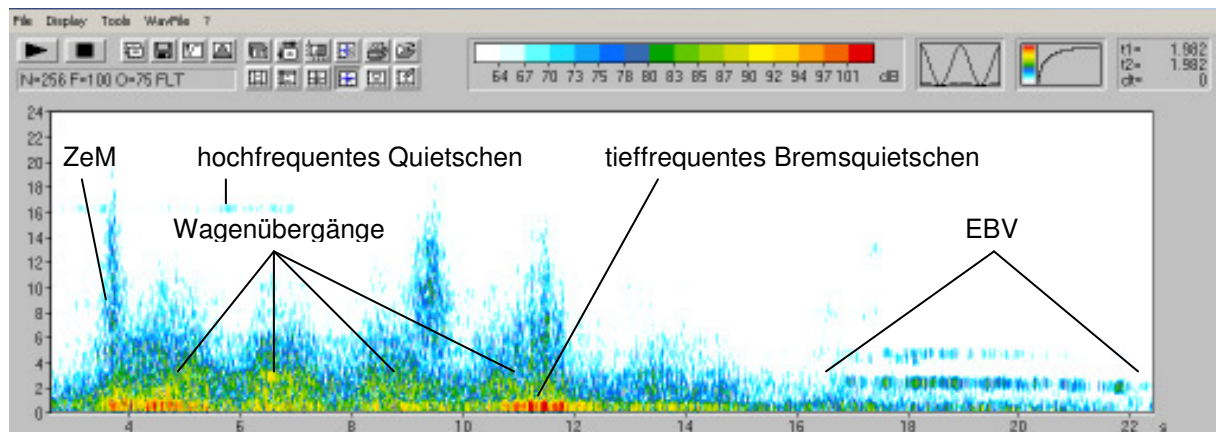


Abb. A.9: Dieses Spektrogramm eines relativ leisen IC-Zuges verdeutlicht die Vorbeifahrgeräusche der Wagenübergänge (ZeM = Zugspitze erreicht Mikrofon), wo jeweils 2 Fahrgestelle mit insgesamt 4 Achsen und 8 Rädern den typischen Rad-Schiene-Kontaktlärm verursachen. Die energiereichsten Schallemissionen lagen im tieffrequenten Bereich unter 1 kHz, der Endbremsvorgang (EBV) verursachte nur an Achsen, die relativ weit vom Mikrofon entfernt waren, höhere Schallpegel, so dass am Messstandort das abschließende Bremsen eher leise erschien. Interessant ist ein relativ pegelschwaches Quietschen (< 73 dB) bei 16,3 kHz zwischen den Sekunden 1 und 7, wahrscheinlich ein „deplatziertes“, exzeptionelles Fahrgeräusch.

Tab. A.6: Lärmemissionen (Sek. je FB) von Eurocity/Intercity-Zügen mit Elektroloks der Baureihen 101 (selten 120) an Fernreisezugwagen ($n_{\text{gesamt}} = 10$; EBV = Endbremsvorgang, FB = Frequenzband, VBF = Vorbeifahrt am Mikrofon, WA = wöchentliche Zugeinfahrten).

EC/IC (101er)	Sek.	Stabw.	n	%	WA (Σ 322)
EBV	7,71	2,9	10	100,0	322
Lärm EBV > 90 dB	3,64	2,4	5	50,0	161
FB 0,5-1 kHz	2,13	1,0	3	30,0	97
FB 1-2 kHz	5,35	2,9	2	20,0	64
FB 2,1-3 kHz	1,30	-	1	10,0	32
FB 3,1-4 kHz	3,70	3,8	3	30,0	97
Lärm EBV > 100 dB	2,80	-	1	10,0	32
FB 0,5-1 kHz	2,80	-	1	10,0	32
Lärm VBF > 90 dB	3,87	1,9	3	30,0	97
FB 1-2 kHz	3,20	-	1	10,0	32
FB 2,1-3 kHz	3,20	-	1	10,0	32
FB 3,1-4 kHz	2,80	0,6	2	20,0	64
FB 4,1-5 kHz	2,40	-	1	10,0	32
FB 5,1-6 kHz	2,40	-	1	10,0	32
FB 6,1-7 kHz	2,40	-	1	10,0	32
FB 7,1-8 kHz	2,40	-	1	10,0	32
FB 8,1-9 kHz	2,40	-	1	10,0	32
FB 9,1-10 kHz	2,40	-	1	10,0	32
FB 10,1-11 kHz	2,40	-	1	10,0	32

A 3.8 Zugtyp ICE 2

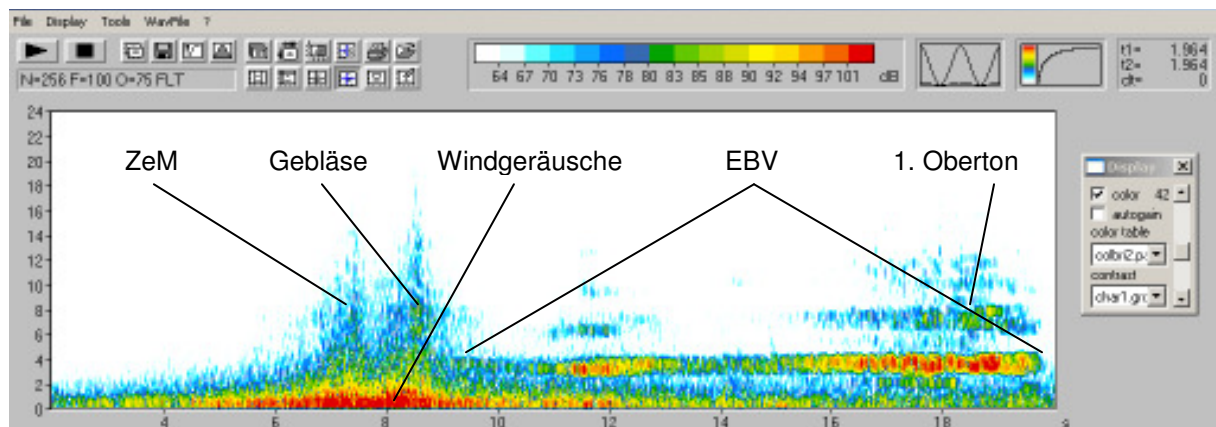


Abb. A.10: Einfahrt eines typischen ICE 2 mit Spitzenpegeln im Endbremsvorgang (EBV) bei 3,6 kHz. Hohe Pegel im Bereich < 1 kHz sind vor allem auf Windgeräusche am Mikrofon zurückzuführen. Der betreffende ICE war ein „echter Zug“, d.h. der Triebkopf saß an der Spitze des Gespanns, so dass zu dem Zeitpunkt, da das Fahrzeug das Mikrofon erreichte (ZeM), neben den Fahrgeräuschen auch das laute (Kühl-?)Gebläse aufgezeichnet wurde. Unmittelbar danach setzte das abschließende Bremsen ein, das 6,2 Sekunden lang mehr als 90 dB erzeugte, wovon wiederum 2 Sekunden über 100 dB lagen.

Tab. A.7: Lärmemissionen (Sek. je FB) des Intercity-Express 2 ($n_{\text{gesamt}} = 10$; EBV = Endbremsvorgang, FB = Frequenzband, VBF = Vorbeifahrt am Mikrofon, WA = wöchentliche Zugeinfahrten).

ICE 2	Sek.	Stabw.	n	%	WA (Σ 222)
EBV	9,48	3,5	10	100,0	222
Lärm EBV > 90 dB	3,18	2,0	9	90,0	200
FB 1-2 kHz	5,10	-	1	10,0	22
FB 2,1-3 kHz	3,43	2,0	3	30,0	67
FB 3,1-4 kHz	2,76	2,2	5	50,0	111
FB 4,1-5 kHz	2,23	1,3	4	40,0	89
FB 5,1-6 kHz	1,00	-	1	10,0	22
FB 9,1-10 kHz	0,70	-	1	10,0	22
Lärm EBV > 100 dB	0,97	0,9	3	30,0	67
FB 2,1-3 kHz	0,30	-	1	10,0	22
FB 3,1-4 kHz	1,30	1,0	2	20,0	44
Lärm VBF > 90 dB	2,63	0,8	3	30,0	67
FB 1-2 kHz	2,63	0,8	3	30,0	67
FB 2,1-3 kHz	2,63	0,8	3	30,0	67
FB 3,1-4 kHz	2,90	1,0	2	20,0	44

A 3.9 Zugtyp EC/IC

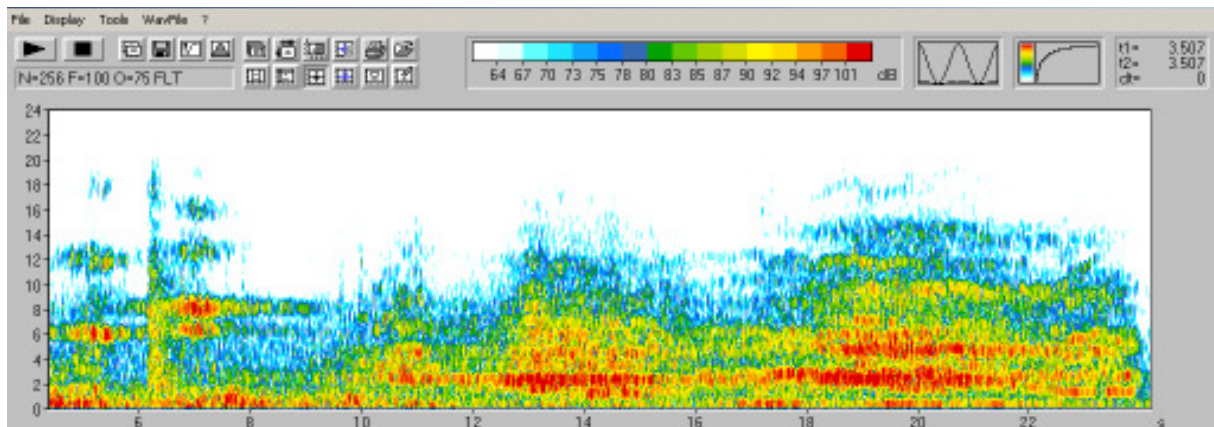


Abb. A.11 (entspricht Abb. 54): Einer der lautesten Züge unserer Messreihe am Essener HBF war dieser ICE 3. Der Anfang der Vorbeifahrt fehlt auf diesem Ausschnitt. Der gesamte Endbremsvorgang dauerte 19 Sekunden, Schallpegel von über 90 dB wurden 16,4 Sek., solche von über 100 dB immerhin noch 6,8 Sek. lang durchgehalten. Beachtliche 10,4 Sek. von mehr als 90 dB entfielen auf den Frequenzbereich 5,1-6 kHz, und 5,3 Sek. auf jenen von 9,1-10 kHz. Nicht nur dieser ICE 3 entfaltet also erhebliche Schallenergien im Hörbereich der Waldmaus.

Tab. A.8: Lärmemissionen (Sek./FB) des Intercity-Express 3 ($n_{\text{gesamt}} = 10$; EBV = Endbremsvorgang, FB = Frequenzband, VBF = Vorbeifahrt am Mikrophon, WA = wöchentliche Zugeinfahrten).

ICE 3	Sek.	Stabw.	n	%	WA (Σ 387)
EBV	18,27	19,6	10	100,0	387
Lärm EBV > 90 dB	8,45	4,4	8	80,0	310
FB 1-2 kHz	9,70	0,8	2	20,0	77
FB 2,1-3 kHz	9,05	6,6	8	80,0	310
FB 3,1-4 kHz	9,70	0,8	2	20,0	77
FB 4,1-5 kHz	8,37	2,4	3	30,0	116
FB 5,1-6 kHz	8,18	3,3	4	40,0	155
FB 6,1-7 kHz	9,10	1,7	2	20,0	77
FB 7,1-8 kHz	7,93	2,4	3	30,0	116
FB 8,1-9 kHz	2,87	3,1	3	30,0	116
FB 9,1-10 kHz	3,33	2,3	3	30,0	116
FB 10,1-11 kHz	1,30	0,7	2	20,0	77
FB 11,1-12 kHz	1,05	0,6	2	20,0	77
FB 13,1-14 kHz	0,20	-	1	10,0	39
Lärm EBV > 100 dB	3,71	3,1	7	70,0	271
FB 1-2 kHz	7,30	-	1	10,0	39
FB 2,1-3 kHz	4,25	3,0	6	60,0	232
FB 3,1-4 kHz	7,30	-	1	10,0	39
FB 4,1-5 kHz	3,95	4,7	2	20,0	77
FB 5,1-6 kHz	3,53	3,5	4	40,0	155
FB 6,1-7 kHz	7,30	-	1	10,0	39
FB 7,1-8 kHz	7,30	-	1	10,0	39
FB 8,1-9 kHz	0,60	-	1	10,0	39
FB 10,1-11 kHz	0,20	-	1	10,0	39
Lärm VBF > 90 dB	0,90	0,7	3	30,0	116
FB 1-2 kHz	1,10	0,8	2	20,0	77
FB 2,1-3 kHz	1,10	0,8	2	20,0	77
FB 3,1-4 kHz	1,10	0,8	2	20,0	77
FB 4,1-5 kHz	0,90	0,7	3	30,0	116
FB 5,1-6 kHz	0,90	0,7	3	30,0	116
FB 6,1-7 kHz	0,90	0,7	3	30,0	116
FB 7,1-8 kHz	0,90	0,7	3	30,0	116
FB 8,1-9 kHz	0,90	0,7	3	30,0	116
FB 9,1-10 kHz	1,10	0,8	2	20,0	77
FB 10,1-11 kHz	0,50	-	1	10,0	39

Anhang 5

Tabellen mit den Rohdaten zur Körpermorphometrie und den akustischen Versuchen befinden sich auf der beigefügten CD.

Lebenslauf und Publikationen

Persönliche Daten

Marcus Schmitt, geb. am 23. Mai 1969 in Düsseldorf

Kahrstraße 70, 45128 Essen

Büro: 0201 183-2454

E-Mail: marcus.schmitt@uni-due.de

Abitur

6/1990 Allgemeine Hochschulreife mit Abschluss der dreijährigen Höheren Handelsschule, Kollegschule Opladen in Leverkusen (Abiturfächer: Mathematik, Betriebswirtschaftslehre, Deutsch, Gesellschaftslehre)

Wehrdienst

7/1990 - 6/1991 Panzerbataillon, Boostedt bei Neumünster

Akademische Ausbildung

9/1992 - 7/1995 Studium der Forstwirtschaft, Fachhochschule Hildesheim/
Holzminden, FB Forstwirtschaft in Göttingen
Thema der Diplomarbeit: Über Spinnen (Arachnidae: Araneae) im Wald und ihre Bedeutung im Waldschutz, (Referenten: Prof. Dr. V. Dubbel, Prof. Dr. K. Kerck)
Abschluss: Dipl.-Ing. Forstwirtschaft (FH)

10/1995 - 6/1999 Studium der Ökologie (Zusatzstudium), Universität Essen
Thema der Diplomarbeit: Zur Ökologie der Webespinnen (Araneae), (Referenten: Dr. F.B. Ludescher, Prof. Dr. H. Burda)
Abschluss: Diplom-Ökologe

Praktische Tätigkeit

9/1991 - 8/1992 Forstliches Praktikum, Stadtforstamt Düsseldorf

1996 - 2001 Studentischer Mitarbeiter in der Abteilung für Allgemeine Zoologie, Fachbereich 9 der Universität Essen
Aufgabenbereiche:

- Zoologische Bestimmungsübungen
- Tier- und verhaltensökologische Großpraktika
- Zoologische Sammlung

8/2001 - 2/2007 Wissenschaftlicher Mitarbeiter (BAT II/2) in der Abteilung für Allgemeine Zoologie an der Universität Essen bzw. Duisburg-Essen
Arbeitsgebiete (u.a.):

- Großpraktika, Seminare, Exkursionen, Bestimmungsübungen
- Beteiligung an Vorlesungen
- Betreuung von Examens- und Diplomarbeiten
- Leitung einer studentischen Arbeitsgruppe zur Erforschung der Ökologie der Waldmaus (Promotionsgebiet)
- Webmaster der Abteilung

seit 3/2007 Lehrbeauftragter der Allgemeinen Zoologie, Universität Duisburg-Essen

Teilnahme an zoologischen Tagungen

- 7/2002 8. Internationale Konferenz "Rodens & Spatium", Louvain-la-Neuve/Belgien
- 7/2003 4. Europäischer Kongress der Säugetierkunde (ECM), Brno (Brünn), Tschechien, Poster
- 7/2004 9. Internationale Konferenz "Rodens & Spatium", Lublin, Polen, Vortrag
- 9/2004 78. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Säugetierkunde, Bonn
- 8/2005 1. Gründungskonferenz "Mammals - synanthropic, synurbic, alien and invasive species", Poznan (Posen), Polen, Vortrag
- 9/2005 79. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Säugetierkunde, Essen (Mitausrichtung), Poster und Vortrag
- 7/2006 10. Internationale Konferenz "Rodens & Spatium", Parma, Italien
- 9/2007 5. Europäischer Kongress der Säugetierkunde (ECM), Siena, Italien

Tagungsbeiträge und Abstracts

SCHMITT, M.: Railway Mice: Ecological data and habitat parameter. (Poster) – 4th European Congress of Mammalogy, Brno/CZ, 27. Juli bis 1. August 2003. Abstract-Band: 212.

SCHMITT, M.: Station Tracks: The Habitat of Railway Mice (Murinae). (Vortrag) – 9th International Conference Rodens & Spatium, Lublin/Poland, 12. -16. Juli 2004. Abstract-Band: 80.

SCHMITT, M.: Far from nature? Railway tracks as a habitat for the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*). (Vortrag) – 1. International Conference: Mammals – Synanthropic, Synurbic, Alien and Invasive Species, Poznan/Poland, 19.-20. August 2005.

SCHMITT, M.: Railway mice: New insights on the adaptability of the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*). (Vortrag) – 79. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Säugetierkunde, Essen, 18.-22. Sept. 2005. Mammalian Biology 70, Sonderheft (Abstract-Band): 32-33.

SCHMITT, M., G. HILKEN, S. ALBERTS, S. HEMSING, C. SEIDEL & F. TENORA: Endoparasites and intestinal morphology of wood mice (*Apodemus sylvaticus*) from urban habitats. (Poster) – 79. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Säugetierkunde, Essen, 18.-22. Sept. 2005. Mammalian Biology 70, Sonderheft (Abstract-Band): 33.

Wissenschaftliche Publikationen

Wiederfund der Laufspinne *Philodromus histrio* (Latreille) (2003). – LÖBF-Mitteilungen 4: 6.

SCHMITT, M. (2004): Bemerkenswerte Spinnenfunde aus dem Landkreis Recklinghausen. Mit einer Notiz über die Wiederentdeckung von *Philodromus histrio* in NRW. – Natur u. Heimat 64: 21-26.

SCHMITT, M. (2004): *Larinioides sclopetarius*, eine parasoziale Spinne Mitteleuropas? – Arachnol. Mitt. 27/28: 55-67.

SCHMITT, M. (2005): Bemerkenswerte Arthropodenfunde [Webspinnen (Araneae) und Hundertfüßer (Chilopoda)] aus dem Gebiet des unteren Mittelrheintals und des Ahrtals. – Mitt. Pollichia 91: 193-198.

SCHMITT, M., J.A. POSPIECH & H. BURDA (2006): Der bemerkenswerte Fund eines goldfarbenen Maulwurfweibchens (*Talpa europaea*) aus Hattingen (Westfalen). – Natur u. Heimat 66: 59-61.

SCHMITT, M. (2007): Notizen zu einigen allochthonen und synanthropen Spinnen (Arachnida: Araneae) aus Essen. – Elektronische Aufsätze der Biologischen Station Westliches Ruhrgebiet 11: 1-12.

SCHMITT, M. & A. MALTEN (2007): Spinnenbissvergiftung durch *Cheiracanthium mildei* L. Koch, 1864 (Miturgidae), eine hemisynanthrope Spinnenart in Deutschland. – Caroleinea 65: 231-233.

SCHMITT, M. & A. NIODUSCHEWSKI (2007): Ein Beitrag zur Phänologie von *Larinioides sclopetarius* (Araneae: Araneidae). – Arachnol. Mitt. 34: 9-16.

SABMANNSHAUSEN, F., Y. ÖZBEY, S. DAMM, C. FELDMANN & M. SCHMITT (eingereicht): Die Gefäßpflanzen (Cormophyta) des Hauptbahnhofs von Essen (Ruhrgebiet). – Dortm. Beitr. Landesk.

Mitgliedschaften

Seit 1998 Arachnologische Gesellschaft
Seit 2004 Deutsche Gesellschaft für Säugetierkunde

Sonstiges

Seit 1992 Jagdscheininhaber

Eigene Homepage zu Spinnen und Reptilien (<http://www.oeko-msc.de>)

Veröffentlichung von Tierfotografien in verschiedenen Journalen und Sachbüchern

Erklärung

Hiermit erkläre ich, gem. § 6, Abs. 2, Nr. 6 der Promotionsordnung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fachbereiche zur Erlangung des Dr. rer. nat., dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig verfasst und mich keiner anderen als der angegebenen Hilfsmittel bedient habe.

Essen, den 20.9.2007

(Marcus Schmitt)

Erklärung

Hiermit erkläre ich, gem. § 6, Abs. 2, Nr. 7 der Promotionsordnung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fachbereiche zur Erlangung des Dr. rer. nat., dass ich das Arbeitsgebiet, dem das Thema „Die Waldmaus in urbanen Lebensräumen: Der Fall der ‚Gleismäuse‘ am Essener Hauptbahnhof“ zuzuordnen ist, in Forschung und Lehre vertrete und den Antrag von Herrn Marcus Schmitt befürworte.

Essen, den 20.9.2007

(Prof. Dr. Hynek Burda)

Erklärung

Hiermit erkläre ich, gem. § 6, Abs. 2, Nr. 8 der Promotionsordnung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fachbereiche zur Erlangung des Dr. rer. nat., dass ich keine anderen Promotionen bzw. Promotionsversuche in der Vergangenheit durchgeführt habe und dass diese Arbeit von keiner anderen Fakultät abgelehnt worden ist.

Essen, den 20.9.2007

(Marcus Schmitt)