

Variabilität und Häufigkeitsverteilung der Morphen am ersten unteren Molar (M_1) in einigen Populationen der Feldmaus *Microtus arvalis* (PALLAS, 1779)

HANS-JÜRGEN KAPISCHKE¹ & EBERHARD KUHLSCH²

¹ Gorknitzer Str. 19a, 01809 Dohna; kapis(at)t-online.de — ² Zum Mühlweg 5, 01108 Dresden; e.kuhlsch(at)t-online.de

Accepted 15.vii.2016.

Published online at www.senckenberg.de/vertebrate-zoology on 28.ix.2016.

Abstract

Variation and frequency of enamel pattern in the first lower molar (M_1) in some populations of the Common Vole *Microtus arvalis* (PALLAS, 1779). – The variation in enamel pattern (morphotypes) in the first lower molar (M_1) of the Common Vole, *Microtus arvalis* (PALLAS, 1779) is investigated in some populations of Saxony and Brandenburg (Germany). It is concluded, that the “normal” structure is very constant, but it is a difference in the number of variations. They are higher in complexity as in simplicity forms.

Kurzfassung

Die Erfassung der Morphen am ersten Molaren des Unterkiefers (M_1) von Feldmäusen *Microtus arvalis* (PALLAS, 1779) aus Sachsen und dem Land Brandenburg war Ziel der vorgestellten Untersuchung. Als Fazit bleibt festzuhalten, dass die „Normalform“ sehr konstant auftritt. Unterschiede bestehen jedoch in der Häufigkeit der Verteilung von Abweichungen. Dabei treten kompliziertere Muster zahlreicher auf als vereinfachte.

Key words

Arvicolinae, *Microtus arvalis*, enamel pattern, first lower molar (M_1), Germany.

Einleitung

Wühlmausmolaren werden nicht nur als diagnostisches Merkmal genutzt, sondern spielen auch in der evolutions-theoretischen Betrachtung (V. KOENIGSWALD, 1982) eine wichtige Rolle. Dabei wird von einfachen, wenig strukturierten Zahnformen zu immer komplizierter werdenden ausgegangen. An ihrer Ausprägung widerspiegeln sich auch zahlreiche ökologisch-geographische Bedingungen wie der Einfluss von Ozeanität und Kontinentalität bei *Microtus arvalis* (MARKOVA, 2010) oder die Humidität und Temperatur bei *M. californicus* (MCGUIRE, 2010).

Bei einheimischen Wühlmäusen ist die Molarenvariabilität der Feldmaus am intensivsten untersucht worden. Das liegt an der Häufigkeit ihres Vorkommens, dem hohen Reproduktionspotential, ihrer schnellen Wurffolge

und vor allem in der Vergangenheit an ihrer wirtschaftlichen Bedeutung als Feldebewohner (z. B. STEIN, 1958). Auf Grund der schnellen Generationsfolge, ist selbst bei Verinselung von Teilpopulationen zu vermuten, dass Schwankungen in der Merkmalshäufigkeit auch bei Molarenmorphen möglich sind.

So ergeben sich auch bei jeder aktuellen Untersuchung immer wieder interessante Fragestellungen zum jeweiligen Herkunftsort des Materials.

Die hier vorgestellte Untersuchung hatte zum Ziel, die Molarenvariabilität des M_1 und ihre Häufigkeitsverteilung zu erfassen. Aus früheren Untersuchungen ist bekannt, dass das Verhältnis der Anzahl der Zähne, die von der Normalform abweichen, zugunsten der komplexeren

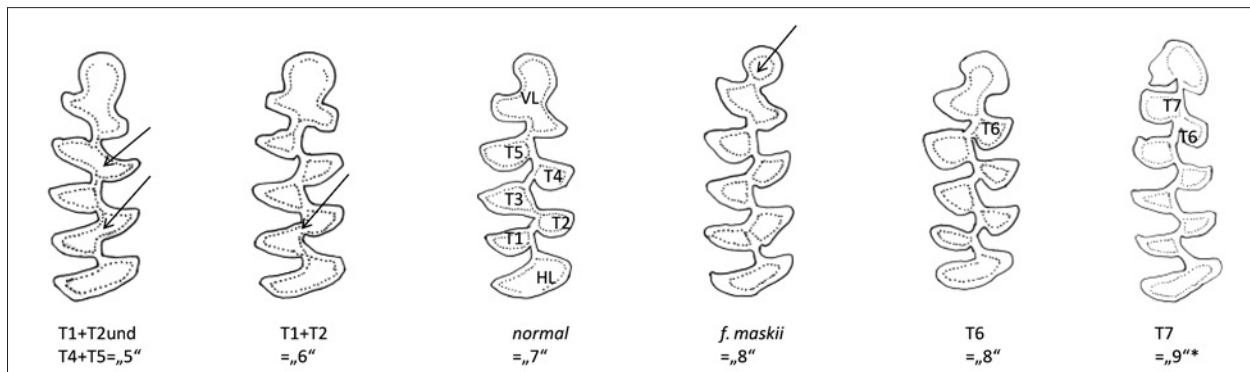


Abb. 1. Übersicht über die betrachteten Schmelzschlingenmuster des M_1 rechts von *Microtus arvalis* vgl. Text. * Skizze nach dem Exemplar Museum der Westlausitz Kamenz, Nr. MWK 308/14, gespiegelt.

Formen verschoben ist: Für die Erdmaus (*Microtus agrestis*) wurde dies z. B. durch JENTZSCH (2006) und für die Feldmaus durch KRAFT & KAPISCHKE (2008a, b und KAPISCHKE (2014) gefunden. So stellt sich die Frage, ob das die Regel ist oder lokal, regional bzw. zeitlich unterschiedlich verbreitet ist? Die Untersuchung des Dresdner Materials liefert also einen Beitrag zur Beantwortung dieser Frage. Des Weiteren wurde bisher unveröffentlichtes Material aus Brandenburg herangezogen, um es mit dem sächsischen vergleichen zu können.

Material und Methode

Morphologische Kennzeichnung

Neben den bereits genannten Kriterien besitzt die Feldmaus eine bedeutsame ökologische Rolle, stellt sie doch eine wichtige Beute vieler Tiere dar, zum Beispiel für Greifvögel und Eulen (vgl. GÖRNER, 2014). Das hier verwendete Untersuchungsmaterial entstammt Waldohreulen-Gewöllen, die an drei Winterschlafplätzen in den Dresdner Stadtteilen Gohlis (2010/2011; 2011/2012), Leubnitz-Neuostra (2009/2010 bis 2012/2013) und Kleinzschachwitz (2009/2010; 2010/2011) gesammelt wurden. Nähere Hinweise zu den Fundorten, Aufsammlungsdaten usw. finden sich in den Arbeiten von FABIAN & SCHIMKAT (2012) und KAPISCHKE *et al.* (2011). Das Brandenburger Material stammt aus Frankfurt/ Oder (KAPISCHKE, 2011) und wurde aus Gewöllen eines Schlafplatzes von Waldohreulen (Winter 2008/2009) isoliert. Die Serie aus Neuendorf im Sande stammt aus den Jahren 2007 und 2008 von Gewöllen der Schleiereule (Brutplatz).

Das Material lag getrennt nach linken und rechten Unterkiefern der Feldmaus vor. Um der eingangs aufgezeigten Fragestellung zu entsprechen, wurden die Schmelzschlingenmuster (Molarenmorphen) nach der bekannten Nomenklatur (ANGERMANN, 1974, JENTZSCH, 2006, KRAFT & KAPISCHKE, 2008a, b, KRAFT *et al.*, 2009) benannt und notiert. Dabei wurde die individuelle Variabilität der Ausprägung einzelner Muster vernachlässigt,

d. h. z. B. die Forma „*maskii*“ nur in vollständiger Ausbildung (mit acht Zahnfeldern), nicht aber i. A. (im Ansatz oder unvollständige Abschnürung des apicalen Teils am Vorderlobus) gezählt (KAPISCHKE, 2014). Mit der so festgestellten Anzahl der Teilfelder war es möglich, die Vergleichbarkeit insgesamt zu gewährleisten.

Die Teilfelderzahl sieben ist die „normale“ Ausprägung der Oberflächenstruktur des M_1 mit Vorder- und Hinterlobus (VL, HL) sowie fünf Dreiecken (T1 bis T5) (Abb. 1). Eine Verringerung der Felderzahl erfolgt durch „Verschmelzen“ der einzelnen Flächen untereinander. Das kann die Triangel betreffen bzw. VL/HL+T. Um bei der Morphe T4+T5 („*pitymoid*“) eine Unterscheidung zwischen Feldmaus und Kleinäugiger Wühlmaus (*Microtus subterraneus*) zu finden, wurde insbesondere der Winkel des *Pitymys*-Rhombus' zur Längsachse des Zahnes betrachtet (KRAFT & KAPISCHKE, 2008b). Die Vergrößerung der Felderzahl wird durch zusätzliche Schmelzbänder bewirkt (KRAFT & KAPISCHKE, 2008a). In den meisten Fällen betrifft das den Vorderlobus durch „Abschnürung“ des mittleren oder labialen Teils (SCHIMMELPFENNIG, 1991). Das führt zu acht Teilflächen, entweder zur „*maskii*“-Form (mittlerer Teil) oder zur Ausbildung eines zusätzlichen buccalen sechsten Dreiecks (T6). Eine weitere Form bildet ein Molar mit sieben Dreiecken (T7) aus Leubnitz-Neuostra (KAPISCHKE *et al.*, 2015). In den genannten Abweichungen ist jedoch noch immer die „Grundform“ zu erkennen. Im Gegensatz dazu kommen selten auch irreguläre Formen vor. Sie werden als Sonderformen (SF) bezeichnet und werden nicht in den Vergleich der Felderzahl einbezogen, sondern nur in der Anzahl genannt.

Statistische Verfahren

Eine Zuordnung der rechten und linken Zähne eines Individuums zueinander war nicht möglich. Deshalb wurden die Messwerte der rechten und linken Zähne getrennt voneinander ausgewertet. Die Molarenmuster lassen sich in drei Klassen einteilen, die Klasse der Normalform, sie wird mit „0“ gewertet, die Klasse mit einer geringeren Anzahl an Teilflächen als die Normalform, sie wird mit

Tabelle 1. Gesamtübersicht über die festgestellten Molarenformen am M_1 von *Microtus arvalis*.

Land	Sachsen									Brandenburg						
	Gohlis		Leubnitz		Kleinzsch.		gesamt		ges.	Frankfurt/Oder		Neuendorf i. S.		gesamt		ges.
	2010 ... 2012		2009 ... 2013		2009 ... 2011					2009		2007 ... 2008				
	Seite		Seite		Seite		Seite			Seite		Seite		Seite		
Merkmal	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts		links	rechts	links	rechts	links	rechts	
"5"		1	2	1			2	2	4							
"6"	4	6	3	8	4		11	14	25		2	2	4	2	6	8
"7"	716	713	2067	2102	645	651	3428	3466	6894	433	404	301	302	734	706	1440
T6	4	4	16	6	1	3	21	13	34	1	3			1	3	4
m	6	7	27	27	5	12	38	46	84	7	2	9	8	16	10	26
T7			1				1	0	1							
SF			3	5	1	1	4	6	10	2	1		1	2	2	4
gesamt	730	730	2117	2148	656	667	3503	3545	7048	443	412	312	315	755	727	1482

Tabelle 2. Nachweise von Formen mit verringerter Felderzahl am M_1 von *Microtus arvalis* nach linken und rechten Unterkiefern (Herkunft: Stadtteile von Dresden).

Winter	Ort	Anzahl Teilflächen	
		5	6
2009/2010	Leubnitz-N.		li 1× T1+T2
	Kleinzsch.		li 1× HL+T1 li 1× VL+T5
2010/2011	Leubnitz-N.		li 1× T1+T2 re 2× T4+T5
	Kleinzsch.		li 1× T1+T2 li 1× VL+T5
	Gohlis	re 1× T3+T4+T5	li 1× T1+T2 li 1× VL+T5 re 2× T4+T5 re 1× VL+T5
			re 1× VL+T5
2011/2012	Leubnitz-N.	li 1× T1+T2/T3+T4 re 1× T1+T2/T3+T4 li 1× T1+T2/T4+T5	li 1× T1+T2 re 2× T4+T5
	Gohlis		li 1× T1+T2 li 1× VL+T5 re 2× T4+T5 re 1× VL+T5
			re 2× VL+T5 re 1× T4+T5 re 1× T1+T2
2012/2013	Leubnitz-N.		re 2× VL+T5 re 1× T4+T5 re 1× T1+T2

„-1“ gewertet, und die Klasse mit einer höheren Anzahl an Teilflächen als die Normalform, sie wird mit „+1“ gewertet. Jeder Molar wird einer der drei Klassen zugeordnet. Bildet man über die so gewonnenen Werte einen Mittelwert, dann zeigt dieser das Ausmaß der Abweichung von der Normalform an. Mit Hilfe des einfachen t-Tests lässt sich prüfen, ob diese Abweichung von der Null statistisch auffällig ist. In der Tabelle 3 werden die Mittelwerte, deren 95 %-Konfidenzintervalle und der p-Wert für die Überprüfung der Hypothese, dass der Mittelwert

gleich Null ist, aufgeführt. Testergebnisse, für die sich ein p-Wert kleiner als 0,05 ergab, werden als statistisch signifikant betrachtet. In Tabelle 3 ist abzulesen, dass lediglich positive Mittelwerte statistisch signifikant sind. Das bedeutet, dass Molarenmuster, die eine größere Anzahl an Teilflächen als die Normalform besitzen, häufiger auftreten. Die beobachteten Häufigkeitsverteilungen der Molarenmuster sind dadurch gekennzeichnet, dass die „normale“ Form sehr viel häufiger auftritt als davon abweichende Formen. Deshalb wurde für den Vergleich der Häufigkeitsverteilungen zwischen den Orten bzw. zwischen den Jahren der Monte-Carlo-Ansatz für den Chi-Quadrat-Test angewendet. Testergebnisse, für die sich ein p-Wert kleiner als 0,05 ergab, werden als statistisch signifikant betrachtet. Die Interpretation der Ergebnisse stützt sich auf die adjustierten standardisierten Residuen (nicht angeführt).

Ergebnisse

Die Molarenformen und die Zuordnung der einzelnen Zähne werden nach Fundort und Jahren in Tabelle 1 sowie ausführlich im Anhang aufgeführt. Dabei stellt die Normalform (sieben Felder) den überaus größten Anteil. Das betrifft sowohl die Dresdner als auch die brandenburgischen Populationen. Insgesamt gibt es nur wenige Abweichungen in der Schmelzschlingenzahl. Eine Reduzierung der Felder im Vergleich zur „normalen“ Ausprägung (< 7) kam in Dresden mit fünf und sechs Teilflächen vor (Tab. 2). Die untersuchten brandenburgischen Stichproben hatten nur sechs Felder als Mindestanzahl. Dabei waren dort VL+T5 viermal verbunden (1× links, 3× rechts), dreimal T4+T5 („pitymoid“, 1× links, 2× rechts) sowie einmal T1+T2.

Um Veränderungen in aufeinanderfolgenden Jahren festzustellen, wurde die Verteilung der Schmelzschlingenumuster bzw. Anzahl der Teilflächen überprüft. Signifi-

Tabelle 3. Messgröße „Abweichung von der Norm (7)“ in den untersuchten Stichproben.

Jahr	Ort	Seite	-1	0	1	MW	CI_u	CI_o	p-Wert	Sig.
2007	Neuendorf im Sande	L	2	113	4	0.017	-0.024	0.058	0.417	
		R	4	118	5	0.008	-0.039	0.055	0.740	
2008	Neuendorf im Sande	L	0	188	5	0.026	0.003	0.049	0.025	*
		R	0	184	3	0.016	-0.002	0.034	0.083	
2009	Frankfurt/Oder	L	0	433	8	0.018	0.006	0.031	0.005	**
		R	2	404	5	0.007	-0.005	0.020	0.257	
09/10	Leubnitz-Neuostra	L	1	183	3	0.011	-0.010	0.032	0.319	
		R	0	183	1	0.005	-0.005	0.016	0.319	
	Kleinzschachwitz	L	2	323	1	-0.003	-0.014	0.007	0.565	
		R	0	318	5	0.015	0.002	0.029	0.025	*
10/11	Gohlis	L	2	420	6	0.009	-0.004	0.022	0.158	
		R	4	439	9	0.011	-0.005	0.027	0.166	
	Leubnitz-Neuostra	L	3	988	16	0.013	0.004	0.021	0.003	**
		R	3	1035	12	0.009	0.001	0.016	0.020	*
	Kleinzschachwitz	L	2	322	5	0.009	-0.007	0.025	0.257	
		R	0	333	10	0.029	0.011	0.047	0.001	**
11/12	Gohlis	L	2	296	4	0.007	-0.009	0.023	0.415	
		R	3	274	2	-0.004	-0.019	0.012	0.656	
	Leubnitz-Neuostra	L	1	705	11	0.014	0.005	0.023	0.004	**
		R	2	688	12	0.014	0.004	0.025	0.007	**
12/13	Leubnitz-Neuostra	L	0	191	14	0.068	0.033	0.103	< 0.001	***
		R	4	196	8	0.019	-0.014	0.052	0.249	
	gesamt	L	15	4162	77	0.015	0.010	0.019	< 0.001	***
		R	22	4172	72	0.012	0.007	0.016	< 0.001	***

- 1 – Anzahl der Molaren, für die die Anzahl der Flächen kleiner als "normal" ist
- 0 – Anzahl der Molaren, für die die Anzahl der Flächen "normal" ist
- 1 – Anzahl der Molaren, für die die Anzahl der Flächen größer als "normal" ist
- p – p-Wert für den Vorzeichentest (ohne Nulldifferenzen)
- Sig. – Grad der Signifikanz für den Vorzeichentest (ohne Nulldifferenzen)
- p-Wert – p-Wert für den zweiseitigen t-Test für eine Abweichung des Mittelwertes von Null
- MW – Mittelwert
- CI_u – untere Grenze des 95%-Konfidenzintervalls für den Mittelwert
- CI_o – obere Grenze des 95%-Konfidenzintervalls für den Mittelwert

kante Unterschiede ergaben sich einmal in Neuendorf in Sachsen. Hier wurde die Frequenz von „7“, also normal, reduziert. Einmal wurde sie erhöht gefunden (Leubnitz-Neuostra). Die Änderungen gingen zulasten bzw. zugunsten von „6“ und „m“, nicht jedoch von T6 (Tab. 1a).

Eine Vergrößerung der Felderzahl mit acht Teilflächen („T6“, „m“) war in allen untersuchten Populationen festzustellen. Eine einzige Ausnahme bildet der Fund einer

„T7“-Variante mit neun Teilflächen (Leubnitz-Neuostra, Tab. 1). Keine Verringerung trat in sieben untersuchten Fällen auf.

Um eine Antwort auf die Frage nach der Häufigkeit von verkleinerter oder vergrößerter Teilfelderzahl zu finden, wurde die Messgröße „Abweichung von der Norm (7)“ untersucht (Tab. 3). Bis auf zwei Ausnahmen von 22 Serien ist der Anteil von Molaren, die mehr Teilflächen

besitzen, als es „normal“ ist, größer als der Anteil von Molaren, die weniger besitzen. Allerdings sind nur neun Fälle statistisch signifikant auffällig.

Es gibt keine Hinweise auf Unterschiede in der Verteilung zwischen den beiden Seiten. Der Anteil der Muster mit mehr Flächen als „normal“ (2,6 %) ist deutlich höher als der Anteil mit weniger Flächen als „normal“ (0,2 %).

Diskussion

Die hohe absolute Häufigkeit der normalen Ausprägung mit Vorder- und Hinterlobus sowie fünf Schmelzdreiecken (sieben Felder) war zu erwarten, denn diese ist ein Kennzeichen des M_1 der Feldmaus (und Erdmaus, *Microtus agrestis*) und gehört zu den Artkriterien. Dennoch gibt es seltene Abweichungen von diesem Muster (Tab. 1, 1a). In jeder der hier untersuchten Populationen waren diese in unterschiedlicher Anzahl zu finden. Eine Vereinfachung des Musters und damit der Felderzahl war mit „5“ im Dresdner Material und „6“ in Dresden und Brandenburg feststellbar. Dabei ist die Kombination T3+T4+T5 bisher noch nicht beschrieben worden (KRAFT & KAPISCHKE, 2008b, KAPISCHKE, 2014).

Mit einer vergrößerten Felderzahl wird das Schmelzschlingenmuster komplexer. Die Morphen, die hier gefunden wurden, waren die Ausbildung der „maskii“-Form am Vorderlobus bzw. die Abspaltung eines sechsten Dreiecks (buccal). Eine Ausnahme bildete ein Exemplar mit sieben Dreiecken aus Leubnitz-Neuostra. Die „maskii“-Form kommt in unterschiedlicher Häufigkeit vor (NIETHAMMER & KRAPP, 1982). Die bei der Untersuchung gefundenen Anteile ordnen sich in den von Sachsen bekannten Rahmen (z. B. Pretzschendorf 16× bei $n=1392$ (1,1 %) oder Neukirchen 15× bei $n=1386$ (1,08 %) (auch weitere Orte bei KAPISCHKE, 2014) ein. Insgesamt wurden bei allen untersuchten Populationen Molaren mit vergrößerter Felderzahl festgestellt.

Die eingangs gestellte Frage, ob eine Tendenz zu komplexeren Molarenmustern besteht, konnte in 20 von 22 Fällen belegt werden. Das entspricht insgesamt einen Anteil von 2,6 % mit vergrößerter und 0,2 % mit verringerter Felderzahl. Abweichungen von „normal“ sind also die Ausnahme. Dabei war das Überwiegen der komplexeren Formen in neun Fällen signifikant. Diese betreffen die linke Seite in Frankfurt/O., Neuendorf/Sa. 2008 und Leubnitz-Neuostra 2012/13, die rechte in Kleinzschachwitz 2009/10, 2011/12 und beide Seiten in Leubnitz-Neuostra 2010/11 und 2011/12. Damit sind die Verhältnisse örtlich und zeitlich verschieden. Andererseits wird damit deutlich, dass die „normale“ Ausprägung des Molarenmusters über 97 % der Formen einnimmt (Sonderformen 0,16 %), d. h. diese hat eine hohe Stetigkeit.

Somit müsste das Fazit eigentlich lauten: Wie kommt es, dass die „Normalform“ so stetig bleibt? Es treten ja immer wieder Abweichungen auf, auch wenn sie sehr

gering sind. Die Änderungen gehen in beide Richtungen: Verringerung und Vergrößerung der Felderzahl und damit auch der Schneidekantenlänge. v. KOENIGSWALD (1982) stellt für pleistozäne Verhältnisse fest: „Der Einbau weiterer Dentindreiecke bedeutet eine Vermehrung der Schneidekanten und damit der Leistungssteigerung.“ Der Gedanke, dass in der rezent festgestellten Tendenz zur Komplexität eine Fortführung einstiger Verhältnisse zu sehen (JENTZSCH, 2006, KRAFT & KAPISCHKE, 2008), erscheint dadurch logisch. Dennoch ist es schwierig, anhand der vorliegenden Ergebnisse diese Hypothese zu verifizieren. Sie erscheint veritabel, doch kennen wir die komplexen Zusammenhänge von genetischer Grundlage, epigenetischer Ausformung und vor allem der Bedeutung im Leben der Tiere zu wenig. Hier gilt auch für die Feldmaus die Aussage über die Nordische Wühlmaus (*Microtus oeconomus*): die „fehlende Kenntnis über die Stabilität der Expression, über die Wechselbeziehung von Genotyp und Phänotyp in diesem Merkmalsbereich“ ANGERMANN (1983).

Zukünftige Untersuchungen sollten über viele Jahre am selben Ort verlaufen, um auch die Populationsdynamik der Feldmaus zu erfassen und mit der Phänologie der Molarenmusterverteilung zu vergleichen. Dazu bieten sich wiederum Wintersammelplätze der Waldohreulen an (KAPISCHKE *et al.*, 2011). Das gezielte Vorgehen kann dann so erfolgen, dass Oberschädel und dazu gehörige Mandibeln zusammen betrachtet werden können, um weiter gehende Schlussfolgerungen zuzulassen.

Danksagung

Dr. K. FABIAN sammelte die Dresdener Gewölle, M. WILHELM präparierte diese, beiden sei herzlich für die Unterstützung gedankt. Für die Sammlung der Gewölle aus dem Land Brandenburg danken wir Herrn W. WEISS, Herrn H. MENDE und Herrn L. IITERMANN (vgl. KAPISCHKE 2011). Herrn Dipl.-Biol. R. WOLF (Leipzig) und Herrn Prof. Dr. M. JENTZSCH (Dresden) danken wir für Hinweise zum Manuskript.

Literatur

- ANGERMANN, R. (1974): Die Zahnvariabilität bei Microtinen im Lichte von VAVILOV's „Gesetz der homologen Serien“. – Symposium Theriologicum II Brno 1971, Proceedings. Praha, 61 – 73.
- ANGERMANN, R. (1983): Intraspezifische Variabilität der Molarenmuster bei der Nordischen Wühlmaus (*Microtus oeconomus* (PALLAS, 1776)). – Zoologische Abhandlungen des Staatlichen Museums für Tierkunde, Dresden: **39**: 115136.
- FABIAN, K. & SCHIMKAT, J. (2012): Waldohreulen *Asio otus* in der Großstadt – Die Besiedlung des Stadtgebietes von Dresden. – Vogelwelt, **133**: 7788.

- GÖRNER, M. (2014): Feldmäuse-, „Mäuseplage“-Bekämpfung. Positionspapier. – Eulenburg, **64**: 9293.
- JENTZSCH, M. (2006): Zur Variabilität der Molarenmuster einer Population von Erdmäusen *Microtus agrestis* (L., 1761) aus dem Norden Sachsen-Anhalts (*Mammalia: Rodentia: Arvicolidae*). – Zoologische Abhandlungen, Dresden, **55**: 191–198.
- KAPISCHKE, H.-J. (2011): Untersuchungen an Gewöllen von Schleiereulen (*Tyto alba*) und Waldohreulen (*Asio otus*) aus dem Osten Brandenburgs. – Vogelkundliche Berichte zwischen Küste und Binnenland, **10**(2): 116–126.
- KAPISCHKE, H.-J. (2014): Zur Variabilität der Zähne von Feldmäusen *Microtus arvalis* (Pallas, 1779) aus Sachsen (Übersicht zu einer Sammlung im Rahmen des Projektes: Atlas der Säugetiere Sachsens). – Veröffentlichungen des Museums der Westlausitz Kamenz, **32**: 85110.
- KAPISCHKE, H.-J., FABIAN, K., WOLF, R. & WILHELM, M. (2011): Zur Ernährung von Waldohreulen *Asio otus* im Winter 2010/2011 in Dresden. – Actitis, **46**: 31–44.
- KAPISCHKE, H.-J., WILHELM, M. & FABIAN, K. (2015): Erster unterer Molar (M_1) bei der Feldmaus *Microtus arvalis* (PALLAS, 1779) mit sieben Dentindreiecken (T 7). – Veröffentlichungen des Museums der Westlausitz Kamenz, **33**: 99–100.
- v. KOENIGSWALD, W. (1982): Stammesgeschichte und Schmelzmuster. – In: NIETHAMMER, J., KRAPP, F. (1982): Handbuch der Säugetiere Europas (Hrsg.). – Akademische Verlagsgesellschaft Wiesbaden: 60–65.
- KRAFT, R., HIERMEIER, M., KAPISCHKE, H.-J. & JENTZSCH, M. (2009): Variation and complexity of the enamel pattern in the first lower molar of the Field vole, *Microtus agrestis* (L., 1761), and the Common vole, *Microtus arvalis* (Pallas, 1779) (*Mammalia: Rodentia, Arvicolinae*). – Abstracts/ Mamm. biol. (2009): 16.
- KRAFT, R. & KAPISCHKE, H.-J. (2008a): Zur Variabilität des ersten unteren Molaren (M_1) der Feldmaus, *Microtus arvalis*, und seiner diagnostischen Bedeutung. I. Die *oeconomus*-Morphotype. – Säugetierkundliche Informationen, **6**(36): 167–174.
- KRAFT, R. & KAPISCHKE, H.-J. (2008b): Zur Variabilität des ersten unteren Molaren (M_1) der Feldmaus, *Microtus arvalis*, und seiner diagnostischen Bedeutung. II. Pitymoide Molarenform und weitere Varianten mit Teilflächenverschmelzungen am M_1 und M_2 . – Säugetierkundliche Informationen, **7**: 237–245.
- MARKOVA, E. (2010): Dental Variation in Sibling Species *Microtus arvalis* and *M. rossiaemeridionalis* (Arvicolinae, Rodentia): Between-Species Comparisons and Geography of Morphotype Dental Patterns. – Journal of Mammalian Evolution, **17**(2): 121–139.
- MCGUIRE, J.L. (2010): Geometric morphometrics of vole (*Microtus californicus*) dentition as a new paleoclimate proxy: Shape change along geographic and climatic clines. – Quaternary International, **212**: 198205.
- NIETHAMMER, J. & KRAPP, F. (1982): Handbuch der Säugetiere Europas (Hrsg.). – Akademische Verlagsgesellschaft Wiesbaden.
- SCHIMMELPFENNIG, R. (1991): Variabilität der Schmelzschlingenmuster (*simplex*-Form und *forma maskii*) bei *Microtus arvalis* (PALLAS, 1779). – In: Populationsökologie von Kleinsäugerarten. – Wissenschaftliche Beiträge der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg 1990/34 (**P 42**): 197–206.
- STEIN, G.H.W. (1958): Die Feldmaus *Microtus arvalis* (Pallas). – Neue Brehm Bücherei, **225**. A. Ziemsen Verlag.