

Proteinvariation bei Zwergwaldmäusen (*Apodemus microps* Kratochvíl und Rosicky, 1952)

Von H. GEMMEKE¹

Eingang des Ms. 25. 10. 1982

Abstract

Protein variation in Apodemus microps Kratochvíl et Rosicky, 1952

Proteines of *Apodemus microps* were electrophoretically compared with related species of european *Apodemus sylvaticus* and *A. flavicollis*. Two of eleven Proteines were different in *A. microps* and *A. sylvaticus* and two others in *A. microps* and *A. flavicollis*. Insofar the existence of *A. microps* as the fifth european *Apodemus* species is confirmed. According to their proteines it is questionable whether *A. microps* is closer related to *A. sylvaticus* or to *A. flavicollis*.

Einleitung

Von den in Europa vorkommenden 5 Arten der Gattung *Apodemus* Kaup, 1829 wurden bisher 4 (*A. sylvaticus*, *A. flavicollis*, *A. mystacinus*, *A. agrarius*) auf Proteinunterschiede untersucht (GEMMEKE 1980). Dabei konnte das Problem der Artzugehörigkeit morphologisch schwer bestimmbarer Tiere und die Frage nach der „genetischen“ Verwandtschaft der Arten zueinander recht gut geklärt werden. Im Juli 1982 gelang es, 5 Exemplare der fehlenden fünften europäischen Art, *Apodemus microps*, in der Tschechoslowakei zu beschaffen. Befunde über proteinelektrophoretische Untersuchungen an diesen Tieren sollen hier beschrieben und mit denen an den anderen *Apodemus*arten verglichen werden. Gleichzeitig können damit die Ergebnisse von CSAIKL et al. (1980) über *A. microps* mit den hier vorliegenden verglichen werden.

A. microps ist von besonderem Interesse, da diese Art heute noch verschiedentlich nur als Unterart von *A. sylvaticus* angesehen wird (STEINER 1978). Zur Klärung der Frage, ob Art oder Unterart und nach der Stellung von *A. microps* in der Gattung *Apodemus* soll der Proteinvergleich beitragen.

Material und Methode

Untersucht wurden neben den 5 *A. microps*, 2 *A. sylvaticus* und 3 *A. flavicollis* (Tabelle 1), teils um die *A. microps*-Banden der Proteine mit denen der ähnlichsten Arten vergleichen zu können, teils um das geographische Spektrum der verglichenen Arten zu erweitern.

Die Tiere aus der ČSSR konnte ich im Rahmen eines Hochschullehreraustausches zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Tschechoslowakei mit Unterstützung durch den Deutschen Akademischen Austauschdienst und der Slowakischen Akademie der Wissenschaften lebend nach Bonn bringen. Dr. A. DUDICH sei an dieser Stelle für seine Hilfe beim Fangen der Tiere besonders gedankt.

Für die Bestimmung der 3 Arten wurden die hierfür üblichen Merkmale verwendet (NIETHAMMER und KRAPP 1978). Die elektrophoretische Proteindarstellung und ihre Wertung für die Abstandsbestimmung erfolgten nach der bei GEMMEKE (1980) beschriebenen Methode.

Dazu wurden folgende Proteine untersucht: Malat (NADP)-Dehydrogenase [MDH (NADP)] EC 1.1.1.40, Malat (NAD)-Dehydrogenase [MDH (NAD)] EC 1.1.1.37, Indophenol-Oxidase (Super-

¹ Mit Unterstützung durch den Deutschen Akademischen Austauschdienst und die Deutsche Forschungsgemeinschaft.

Tabelle 1

Herkunft und Anzahl der *Apodemus*-Individuen

Art	Anzahl	Fangplatz
<i>A. sylvaticus</i>	1	Bonn
<i>A. sylvaticus</i>	1	Ružomberok (Liptauer Talkessel), ČSSR
<i>A. flavicollis</i>	1	Bonn
<i>A. flavicollis</i>	2	Ružomberok (Liptauer Talkessel), ČSSR
<i>A. microps</i>	5	Ružomberok (Liptauer Talkessel), ČSSR

oxid-Dismutase) (IPO) EC 1.15.1.1, (NADP) Isocitrat-Dehydrogenase 1 (IDH₁) EC 1.1.1.42, (NDAP) Isocitrat-Dehydrogenase 2 (IDH₂) EC 1.1.1.42, α -Glycerophosphat (α -GPD) EC 1.1.1.6, Glutamat-Oxalacetat-Transaminase 1 (GOT₁) EC 2.6.1.1, Laktat-Dehydrogenase 1 (LDH₁) EC 1.1.1.27, Laktat-Dehydrogenase 2 (LDH₂) EC 1.1.1.27, 6-Phosphogluconat-Dehydrogenase (6-PGD) EC 1.1.1.44, Albumin (Al).

Ergebnisse

Nach Körper- und Schädelmaßen waren die 3 *Apodemus*arten eindeutig zu erkennen. In Tabelle 2 sind einige Maße der untersuchten Tiere aufgeführt. Sie stimmen gut mit entsprechenden Maßen vergleichbarer Tiere aus der Literatur überein (NIETHAMMER und KRAPP 1978).

Tabelle 2

Einzelmaße von *A. sylvaticus*, *A. flavicollis* und *A. microps*

Art	Nr.	sex	Kr	Schw	Hf	Ohr	Cbl	Fori	oZr
<i>A. sylvaticus</i> Bonn	276	♀	88	86	21,9	17	22,7	5,2	3,7
<i>A. sylvaticus</i> ČSSR	382	♂	92	—	22,7	18,5	24,3	5,5	3,8
<i>A. flavicollis</i> Bonn	277	♂	116	124	24,6	19,5	25,8	5,0	4,1
<i>A. flavicollis</i> ČSSR	381	♂	86	96	23,2	17	22,4	4,8	4,2
	384	♂	90	107	22,7	17	23,7	5,1	3,8
<i>A. microps</i> ČSSR	380	♀	82	85	18,0	14	21,5	4,6	3,4
	390	♂	80	79	18,6	13	21,1	4,8	3,5
	391	♂	81	86	19,5	14	20,0	4,4	3,5
	392	♀	75	81	18,0	13	20,3	4,6	3,4
	393	♀	76	82	18,8	13,5	20,6	4,4	3,5

In der Fellfärbung weichen *A. sylvaticus* und *A. flavicollis* aus der ČSSR nicht von Bonner Tieren ab. Die Gelbhalsmäuse zeigen ein deutlich ausgeprägtes Halsband und eine weiße Bauchfärbung mit scharfer Trennlinie zur Rückenfärbung, die Waldmäuse dagegen einen grauen Bauch und einen langgezogenen Kehlfleck. Die Zwergwaldmäuse gleichen mehr Waldmäusen. Ihr Bauch ist grau mit leichtem Anflug von Ockergelb, das sich in dem langgezogenen Kehlfleck und an den Flanken verstärkt. Die Grenze zwischen Rücken- und Bauchfärbung ist bei ihnen nicht so deutlich wie bei *A. flavicollis*. Ihr Haarkleid wirkt feiner und das Haar kürzer. Sie entsprechen in ihrem Aussehen den von MOŠANSKÝ (1960) beschriebenen Tieren aus den Liptauer Bergen.

Für den elektrophoretischen Vergleich wurden dieselben 11 Proteine untersucht, die schon für die übrigen 4 Arten betrachtet wurden (GEMMEKE 1980). Von ihnen waren 5 Proteine bei *A. microps* monomorph und dieselben wie bei *A. sylvaticus* und *A. flavicollis*:

Tabelle 3
 Allelfrequenzen von 6 Proteinen bei *A. sylvaticus*, *A. flavicollis* und *A. microps*
 Bezeichnung der Allele wie bei GEMMEKE (1980)

Art	n	MDH (NADP) Allele				IDH ₁	α-GPD				IPO			AI		6-PGP	
		a	b	c	d		e	f	a	b	c	d	e	a	b	a	b
<i>A. sylvaticus</i> Bonn u. CSSR	107	0,99	0,01			0,02		0,98	0,06	0,94	1,00			1,00			1,00
<i>A. flavicollis</i> Bonn u. CSSR	25		0,84	0,16	1,00				1,00			1,00			1,00		0,78 0,22
<i>A. microps</i> CSSR	5		1,00					1,00	0,70	0,30		1,00		1,00			1,00

MDH (NAD), IDH₂, GOT, LDH₁, LDH₂. Die Konstellation der übrigen 6 Proteine ergibt sich aus Tabelle 3, in der auch die Ergebnisse aus der früheren Arbeit über *Apodemus* (GEMMEKE 1980) übernommen wurden. Da die Wald- und Gelbhalsmäuse aus der Tschechoslowakei von den Bonnern nicht abweichen, wurden sie gemeinsam aufgeführt.

Der Vergleich der 11 untersuchten Proteine hat ergeben:

1. Die Waldmaus und die 2 Gelbhalsmäuse aus der ČSSR stimmen in ihren Allelen mit den häufigsten bei den Bonner Tieren überein.
2. *A. microps* stimmt in zwei Proteinen (AI a, IDH₁ e) mit *A. sylvaticus* überein, unterscheidet sich darin aber von *A. flavicollis*. Umgekehrt sind zwei weitere dieselben wie bei *A. flavicollis* [MDH(NADP) d, IPO c], aber anders als bei *A. sylvaticus*. Bei α-GPD zeigen *A. microps* zu 70 % das Allel α-GPD a, das sonst bei Waldmäusen nur sehr selten und bei Gelbhalsmäusen noch nicht gefunden wurde.
3. Allele, die nur bei *A. microps*, nicht aber bei den anderen *Apodemus*arten vorkommen, konnten unter den hier untersuchten Proteinen nicht festgestellt werden.

Die Zwergwaldmäuse aus der Tschechoslowakei können nach diesen Befunden nicht als Unterart von *A. sylvaticus* angesehen werden. Sie unterscheiden sich deutlich in zwei von 11 Proteinen. Da der gleiche Unterschied auch zu *A. flavicollis* besteht, bietet sich eine Abstandsbestimmung nicht nur aus den völlig unterschiedlichen Allelen, sondern auch aus den unterschiedlichen Frequenzen gleicher Allele an. Die Ermittlung der Abstandsmaße erfolgte nach der Berechnung von ROGERS (1972). Die entsprechenden Werte zwischen 4 Arten der *Sylvaemus*gruppe sind in Tabelle 4 wiedergegeben.

Der „genetische“ Abstand zwischen *A. sylvaticus* und *A. microps* ist mit $D = 0,241$ am geringsten, etwas größer dagegen ($D = 0,280$) zwischen *A. flavicollis* und *A. microps*. Deutlich weiter voneinander entfernt stehen Wald- und Gelbhalsmäuse ($D = 0,381$). Der Abstand ist sogar noch größer als der zwischen *A. microps* und *A. mystacinus* ($D = 0,337$). Dieses Ergebnis spricht eindeutig für eine Eigenständigkeit von *A. microps* innerhalb der *Apodemus*gruppe.

Tabelle 4

Abstandsmaße D zwischen 4 Arten der Gattung *Apodemus*

Für die Berechnung der *A. mystacinus*-Werte wurden die Allelfrequenzen aus der Arbeit von GEMMEKE (1980) übernommen

	<i>A. flavicollis</i>	<i>A. microps</i>	<i>A. mystacinus</i>
<i>A. sylvaticus</i>	0,381	0,241	0,450
<i>A. flavicollis</i>		0,280	0,468
<i>A. microps</i>			0,337

Diskussion

STEINER (1978) schreibt, daß auch heute noch russische Autoren *A. microps* nicht für eine eigene Art halten. Sie bezweifeln offenbar, daß Merkmalsunterschiede zwischen *A. sylvaticus* und *A. microps*, die hauptsächlich auf der Größendifferenz einiger Körper- und Schädelmaße beruhen, die Art genügend charakterisieren. *A. microps* scheint auf den ersten Blick nur eine kleine Waldmaus zu sein, die wohl im Süden der UdSSR auch als solche angesehen wird. Die Eigenständigkeit als Art gilt heute aber auf Grund umfangreicher Studien zumindest für die Tschechoslowakei und Österreich als gesichert (KRATOCHVÍL und ROSICKY 1952; PELIKÁN 1964; STEINER 1968), da Zwergwaldmäuse dort an vielen Stellen sympatrisch mit Wald- und Gelbhalsmäusen morphologisch deutlich abgrenzbar vorkommen. So stammen auch die Tiere der hier untersuchten drei *Apodemus*arten vom selben Fangplatz. Wie sich gezeigt hat, sind neben den morphologischen Unterschieden auch die Proteinunterschiede zwischen Wald- und Zwergwaldmäusen deutlich. Handelte es sich bei *A. microps* um eine Unterart von *A. sylvaticus*, so würde ihr Proteinmuster zu dem der Waldmäuse nur in einigen Allelfrequenzen variieren und nicht Allele aufweisen, die bisher nur bei *A. flavicollis* gefunden wurden. Angenommen, europäische Waldmauspopulationen könnten auch Gelbhalsmaus-Allele besitzen wie solche von Nepal (GEMMEKE und NIETHAMMER 1982), so dürfte keine Waldmaus mit typisch europäischem Muster am selben Fangort auftreten, wie sie jedoch gefunden wurde. Ebenso besitzen die zwei Gelbhalsmäuse aus demselben Gebiet das typische Proteinmuster mitteleuropäischer *A. flavicollis*. Auf Grund dieser Befunde können die Zwergwaldmäuse als eigene Art angesehen werden.

Nach den Abstandsmaßen sind die Zwergwaldmäuse mit den Waldmäusen am nächsten verwandt. Dieses Ergebnis basiert aber allein auf den unterschiedlichen Frequenzen gleicher Allele. Schaut man dagegen allein auf die unterschiedlichen Allele, so unterscheidet sich *A. microps* in je zwei Proteinen sowohl von *A. sylvaticus* als auch von *A. flavicollis*. Diese Proteine sind zudem in Mitteleuropa bei beiden Arten verschieden. Eine größere Anzahl untersuchter Proteine dürfte das Verhältnis zu der einen oder anderen Seite verschieben, wie CSAIKL et al. (1980) angeben. Nach ihnen unterscheidet sich *A. microps* von *A. sylvaticus* in 5 [LDH₂, MDH (NADP), IPO (= SOD), Tf, PA], von *A. flavicollis* in 2 (Tf, PA) von 18 Proteinen. Betrachtet man die Unterschiede genauer, so geben sie dennoch keinen eindeutigen Hinweis auf die Verwandtschaft mit *A. microps*:

LDH₂: Bei diesem Protein war weder hier noch in früheren Untersuchungen ein Unterschied zwischen *A. flavicollis* und *A. sylvaticus* – vielleicht methodisch bedingt – erkennbar. Deshalb konnte ich auch für *A. microps* keinen Unterschied finden.

MDH (NADP) und IPO (= SOD): Die von CSAIKL et al. (1980) festgestellten Unterschiede entsprechen den hier vorgefundenen.

Tf und PA: Diese stark variablen, polymorphen Proteine können für einen Artvergleich nur bedingt eingesetzt werden, da bei ihnen mit großer Wahrscheinlichkeit mit zufälliger

Übereinstimmung in elektrophoretischen Eigenschaften bei nicht homologen Varianten zu rechnen ist. So habe ich allein bei *A. sylvaticus* aus der Population vom Neusiedler See 4 Allele von Tf nachgewiesen (GEMMEKE 1980). Dagegen haben CSAIKL et al. (1980) weder bei PA noch bei Tf einen Polymorphismus festgestellt. Nur *A. microps* soll darin jeweils eine unterschiedliche Proteinbande besitzen. Hier hingegen hat sich gezeigt, daß die Post-Albumin-Bande der Zwergwaldmäuse mit der bei Waldmäusen am häufigsten vorkommenden Bande gleich ist. Bei *A. flavicollis* wurde PA nicht nachgewiesen. Transferrin ist bei *A. microps* polymorph und zeigt in einigen Allelen Übereinstimmung mit *A. flavicollis*.

Al: Albumin führen CSAIKL et al. (1980) nicht auf, während hier eindeutig ein Unterschied vorliegt.

IDH₁: Dieses Enzym konnte von den genannten Forschern elektrophoretisch nicht nachgewiesen werden, zeigt aber unterschiedliche Banden bei Wald- und Gelbhalsmäusen und unterscheidet sich bei *A. microps* von *A. flavicollis*.

Zieht man die Bilanz aus dem Vergleich dieser beiden Untersuchungen, so wird deutlich, daß die Ergebnisse sich nur in einem Protein (LDH₂) widersprechen. Falls LDH₂ bei *A. microps* von dem bei *A. sylvaticus* abweicht und mit dem bei *A. flavicollis* übereinstimmt, könnte *A. microps* wieder näher zu *A. flavicollis* gestellt werden. So fand STEINER (1968), daß auch das Verhältnis Diastema/Gaumenspaltenlänge von *A. microps* besser zu dem von *A. flavicollis* paßt. Dagegen entsprechen Färbung und Aussehen mehr *A. sylvaticus*.

Auf Grund dieser Befunde muß die Frage nach der näheren Verwandtschaft von *A. microps* zu *A. sylvaticus* oder *A. flavicollis* zunächst offen bleiben. Als positives Ergebnis ist hervorzuheben, daß *A. microps* sicher enger mit Wald- und Gelbhalsmäusen verwandt ist als mit den übrigen *Apodemus*-arten, da bei ihm, soweit sicher zu beurteilen, nur Allele dieser beiden Arten vorliegen. Stark variable, polymorphe Proteine sollen dabei, wie schon erwähnt, unberücksichtigt bleiben.

Ein ähnliches Ergebnis brachten die Proteine der Waldmäuse aus Nepal (GEMMEKE und NIETHAMMER 1982). Auch bei diesen lagen typische Gelbhalsmaus-Allele vor, aber andere als bei *A. microps*. Tabelle 5 gibt einen Überblick über die Verteilung der Allele in den 4 Gruppen und bei *A. mystacinus*. Dabei lassen sich die Allele von Al und IPO zwanglos klassifizieren: Ursprüngliche (plesimorph) müßten IPO c und Al a sein, abgeleitete (apomorph) IPO b und Al b. Al b ist bezeichnend für *A. flavicollis* und IPO b für *A. sylvaticus* in Europa. Widersprüchlich ist die Verteilung bei den beiden anderen Enzymen.

Tabelle 5

Allelverteilung von 4 Proteinen bei *A. flavicollis*, *A. sylvaticus* (Europa und Nepal), *A. microps* und *A. mystacinus*

(s. GEMMEKE 1980; GEMMEKE und NIETHAMMER 1982)

Allele	<i>A. flavicollis</i>	<i>A. sylvaticus</i>		<i>A. microps</i>	<i>A. mystacinus</i>
		Europa	Nepal		
MDH (NADP)	a		+		×
	b		+		
	d	○		○	
IDH ₁	b	○	○		
	d				×
	e		+	+	
IPO	b		+		
	c	○	○	○	○
Al	a		+	+	+
	b	○			

Abwechselnd sind einmal die Allele von *A. microps* und *A. flavicollis* gleich, dann wieder die von *A. microps* und *A. sylvaticus*. Ursprüngliche und abgeleitete Allele sind in diesem Fall nicht auszumachen. Bei der Konstruktion eines phylogenetischen Stammbaums wären mehrere Alternativen möglich, die mit gleicher Wahrscheinlichkeit zutreffen könnten. Erst weitere Untersuchungen an *Apodemus* aus Osteuropa, Vorder- und Mittelasien könnten hier Klarheit bringen.

Zusammenfassung

Apodemus microps wurde proteinelektrophoretisch mit *A. sylvaticus* und *A. flavicollis*, den nächstverwandten *Apodemus*-arten aus Europa, verglichen. In 2 von 11 untersuchten Proteinen unterschied er sich von *A. sylvaticus* und in zwei anderen von *A. flavicollis*. Damit wurde die Einordnung dieser Tiere als 5. europäische *Apodemus*-art bestätigt. Da bei *A. microps* zu gleichen Teilen *A. sylvaticus*- und *A. flavicollis*-Allele vorlagen, konnte die Frage nach der näheren Verwandtschaft zu der einen oder anderen Art nicht geklärt werden. Das Ergebnis stützt vielmehr die Eigenständigkeit dieser Art innerhalb der *Sylvaemus*-gruppe.

Literatur

- CSAIKL, F.; ENGEL, W.; SCHMIDTKE, J. (1980): On the biochemical systematics of three *Apodemus* species. *Comp. Biochem. Physiol.* **65 B**, 411–414.
- GEMMEKE, H. (1980): Proteinvariation und Taxonomie in der Gattung *Apodemus* (Mammalia, Rodentia). *Z. Säugetierkunde* **45**, 348–365.
- GEMMEKE, H.; NIETHAMMER, J. (1982): Zur Charakterisierung der Waldmäuse (*Apodemus*) Nepals. *Z. Säugetierkunde* **47**, 33–38.
- KRATOCHVÍL, J.; ROSICKÝ, B. (1952): K Bionomii a Taxonomii Mysi Rodu *Apodemus*, Zijících v Československu. *Zool. listy* **1**, 57–70.
- MOŠANSKÝ, A. (1962): Einige Bemerkungen zu den Arten *Apodemus* aus den Liptauer Bergen. *Symposium Theriologicum*, Brno 214–218.
- NIETHAMMER, J.; KRAPP, F. (1978) *Handbuch der Säugetiere Europas*, Bd. I, Wiesbaden: Akademische Verlagsges.
- PELIKÁN, J. (1964): Vergleich einiger populationsdynamischer Faktoren bei *Apodemus sylvaticus* (L.) und *A. microps* Kr. and Ros. *Z. Säugetiere* **29**, 242–253.
- ROGERS, J. S. (1972): Measure of genetic similarity and genetic distance. *Studies in Genetic VII*. Univ. Tex. Publ. **7213**, 145–153.
- STEINER, H. M. (1968): Untersuchungen über die Variabilität und Bionomie der Gattung *Apodemus* (Muridae, Mammalia) der Donau-Auen von Stockerau (Niederösterreich). *Z. wiss. Zool.* **177**, 1–96.
- STEINER, H. M. (1978): *Apodemus microps* Kratochvíl und Rosický, 1952 – Zwergwaldmaus. In: NIETHAMMER, J.; KRAPP, F. (Eds.): *Handbuch der Säugetiere Europas*. Bd. I. Wiesbaden: Akademische Verlagsges.

Anschrift des Verfassers: Dr. HUBERT GEMMEKE, Zoologisches und Vergleichend Anatomisches Institut der Universität Bonn, Poppelsdorfer Schloß, D-5300 Bonn 1

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mammalian Biology \(früher Zeitschrift für Säugetierkunde\)](#)

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: [48](#)

Autor(en)/Author(s): Gemmeke Hubert

Artikel/Article: [Proteinvariation bei Zwergwaldmäusen \(Apodemus microps Kratochvil und Rosicky, 1952\) 145-160](#)