

Bonn. zool. Beitr.	Bd. 43	H. 4	S. 505—526	Bonn, November 1992
--------------------	--------	------	------------	---------------------

## Vergleichend und funktionell anatomische Untersuchungen an der Muskulatur der Extremitäten einiger Soricidae (Mammalia : Insektivora)

Dagmar Zender

**Abstract.** The muscles of the fore and hind limbs of four European soricids — three soricines and one crocidurine — were studied with reference to their habitat and activity patterns. *Sorex araneus*, *Sorex minutus* and *Crocidura russula* are terrestrial animals, whilst *Neomys fodiens* is semi-aquatic. Differences with respect to the points of origin and insertion of the individual muscles were found between the subfamilies, the genera and the species. The differences as well as the similarities were evaluated and compared with those found in other insectivores and some rodents.

**Key words.** Mammalia, Soricidae, myology, skeleton, locomotion.

### Einleitung

Zur Zeit gibt es etwa 266 lebende Spitzmausarten (Hutterer 1985), die sich in Rotzahn- und Weißzahnspezies gruppieren. Zur Unterfamilie Soricinae gehören die Gattungen *Sorex* und *Neomys*; die Gattung *Crocidura* wird den Crocidurinen zugerechnet.

Die Gattung *Neomys* nimmt aufgrund ihrer Anpassung an das Leben im Wasser eine gewisse Sonderstellung innerhalb der Familie der Soricidae ein.

Aufgrund differenter Lebensansprüche und Fortbewegungsweise sind Unterschiede in Muskulatur und Skelettsystem innerhalb der Familie und der Unterfamilien zu erwarten. Obwohl bereits Arbeiten vorliegen, in denen anatomische Untersuchungen an Spitzmäusen durchgeführt wurden, fehlen vergleichende Untersuchungen innerhalb der Familie fast ganz. Meist liegen nur Einzelergebnisse und gelegentliche Bemerkungen vor.

Thematisch kann die vorliegende Arbeit an diese Untersuchungen anknüpfen. Den Schwerpunkt bilden dabei myologische und osteologische Untersuchungen an *Sorex araneus*, *Sorex minutus*, *Neomys fodiens* und *Crocidura russula* mit dem Ziel, durch den Vergleich der genannten Arten aus beiden Unterfamilien der Soriciden Besonderheiten der Familie, der Unterfamilien, der Gattungen und Arten zu finden und diese, wo es möglich ist, funktionell zu deuten.

### Material und Methoden

Die Untersuchungen basieren auf alkoholfixierten Exemplaren der folgenden Arten: Unterfamilie Soricinae: *Sorex araneus* Linnaeus, 1758 (n = 6); *Sorex minutus* Linnaeus, 1766 (n = 6); *Neomys fodiens* Pennant, 1771 (n = 6). Unterfamilie Crocidurinae: *Crocidura rus-*

*sula* Hermann, 1780 (n = 6). Sie wurden unter einer Stereolupe bei 8-facher Vergrößerung untersucht. Die Extremitätenmuskeln wurden einzeln abpräpariert und die verschiedenen Präparationsschritte mit Hilfe eines Zeichenaufsatzes graphisch festgehalten.

Die Anfertigung der Arbeit wurde von Herrn Prof. Dr. J. Niethammer und nach dessen Unfall von Herrn Prof. Dr. H. Schneider betreut, denen ich recht herzlich danke.

### Ergebnisse

Die Muskeln werden in ihrem Verlauf und ihren Ursprungs- und Ansatzstellen beschrieben. Als „Standardart“ dient *Sorex araneus*; Abweichungen bei den anderen Arten werden erwähnt und zeichnerisch dargestellt. Dabei werde ich im wesentlichen auf diejenigen Extremitätenmuskeln näher eingehen, bei denen deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Arten gefunden wurden.

#### 1. Muskeln der Vorderextremität

Bei den Vordergliedmaßen wurden folgende Muskelgruppen nach ihrer Lage eingeteilt und untersucht:

##### Schultermuskeln

M. teres major, M. deltoideus, M. supraspinatus, M. infraspinatus und M. subscapularis. Bei allen von mir untersuchten Arten fehlten sowohl der M. teres minor als auch der M. coracobrachialis.

##### Oberarmmuskeln

M. triceps brachii, M. anconaeus lateralis, M. dorso-epitrochlearis, M. epitrochleo-anconaeus, M. biceps brachii und M. brachialis.

##### Unterarmmuskeln

M. supinator, M. extensor carpi radialis, M. extensor digitorum communis, M. extensor digiti quinti proprius, M. extensor carpi ulnaris, M. extensor indicis et pollicis longus, M. abductor pollicis longus, M. pronator radii teres, M. flexor carpi radialis, M. palmaris longus, M. flexor carpi ulnaris, M. pronator quadratus, M. flexor digitorum sublimis, M. flexor digitorum profundus.

##### Schultermuskeln

###### Musculus teres major

Er zieht von der lateralen Oberfläche der Margo medialis scapulae zur Crista tuberculi minoris, wo er unmittelbar oberhalb des M. latissimus dorsi inseriert.

###### Musculus deltoideus

Der M. deltoideus zerfällt in 3 Teile, den M. cleidodeltoideus, den M. acromiodeltoideus und den M. spinodeltoideus. Der M. cleidodeltoideus entspringt am distalen Viertel der Clavicula, der M. acromiodeltoideus an der distalen Hälfte des Acromions und am acromio-clavicularen Gelenk. Die Fasern der beiden Portionen laufen aufeinander zu, sind aber nicht miteinander verschmolzen. Sie inserieren nebeneinander in der äußersten Spitze der Crista tuberculi majoris.

Bei *Crocidura russula* inserieren M. acromio- und M. cleidodeltoideus gemeinsam an der Spitze der Crista deltoidea.

Der M. spinodeltoideus entspringt bei allen Arten an der distalen Ecke der Spina scapulae und der Margo medialis scapulae und inseriert an der Crista deltoidea, bei *Crocidura russula* unmittelbar oberhalb der beiden anderen Deltoideus-Anteile.

**Musculus supraspinatus**

Dieser aus mehreren Bäuchen zusammengesetzte Muskel entspringt an der ganzen Länge der Spina scapulae, in der gesamten Fossa supraspinata und an der oberen Kante der Margo medialis scapulae und zieht in die postero-proximale Ecke des Tuberculum majus.

**Musculus infraspinatus**

Nach Abpräparation des M. spinodeltoideus erscheint der M. infraspinatus vollständig. Der Ursprung liegt in der gesamten Fossa infraspinata. Er inseriert auf der proximalen Seite der Crista deltoidea und distal auf dem Tuberculum majus.

**Musculus subscapularis**

Bei den Soricinen besteht der M. subscapularis aus 2 Portionen. Der größere Teil entspringt an der gesamten Fläche der Fossa subscapularis, der kleinere an der Ecke der Margo medialis und der Margo inferior der Scapula. Der erstgenannte inseriert an der proximalen Spitze des Tuberculum minus, der zweite etwas distal daneben.

Bei *Crocidura russula* ist dieser Muskel aus mehreren Bündeln zusammengesetzt. Ursprung und Ansatz gleichen denen der größeren Portion des M. subscapularis bei *Sorex*.

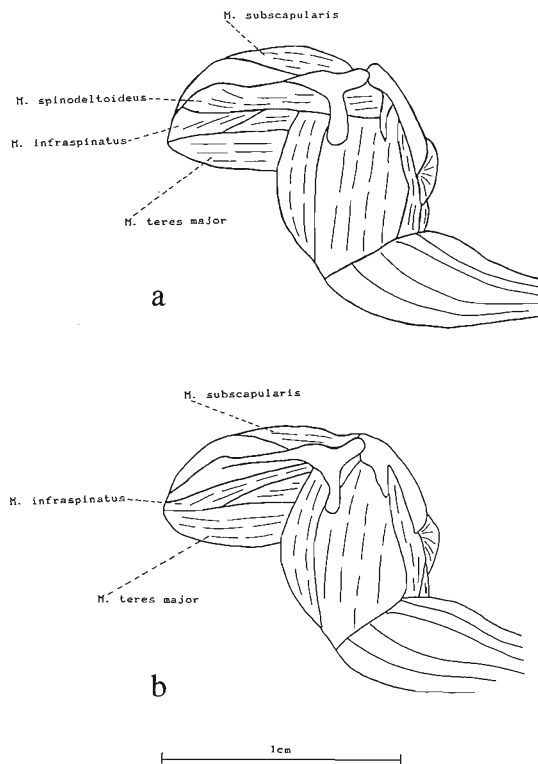


Abb. 1 a—b: Seitenansicht der Schultermuskeln von *Sorex araneus* bei verschiedenen Präparationsstufen. Maßstab für alle Abbildungen = 1 cm.

## Oberarmmuskeln

## Musculus triceps brachii

Zu unterscheiden sind drei eigenständige Portionen, wovon eine wiederum in zwei Teile zerfällt. Der *M. triceps brachii caput longum* entspringt bei den Soricinen flächig an der Margo inferior der Scapula und inseriert an der distalen Olecranonspitze. Der *M. triceps brachii caput mediale* besteht aus zwei Portionen. Der größere Teil entspringt unterhalb vom Tuberculum minus und distal davon am Humerusschaft. Er inseriert medial an der proximalen Olecranonkante. Etwas weiter distal vom ersten entspringt der kleinere Teil, der unmittelbar neben dem Caput longum des *M. triceps brachii* inseriert. Der *M. triceps caput laterale* entspringt flächig an der Crista tuberculi majoris des Humerus und zieht von proximo-medial nach disto-lateral, wo er neben dem Caput longum an der lateralen Olecranonspitze inseriert.

Bei *Crocidura russula* ist der Ursprung des Caput longum zweiteilig. Der weiter außen liegende Teil entspringt an der Margo inferior der Scapula, der weiter innen liegende etwas höher an der medialen Scapulafläche. Bei dieser Art sind die Teile des *M. triceps brachii* bis auf die Pars inferior des Caput mediale an der Insertionsstelle miteinander verbunden.

## Musculus anconaeus lateralis

Von verschiedenen Autoren wird dieser Muskel als Abkömmling des *M. triceps brachii caput laterale* angesehen. Er zieht von der Spitze des Epicondylus lateralis zur lateralen Olecranonseite.

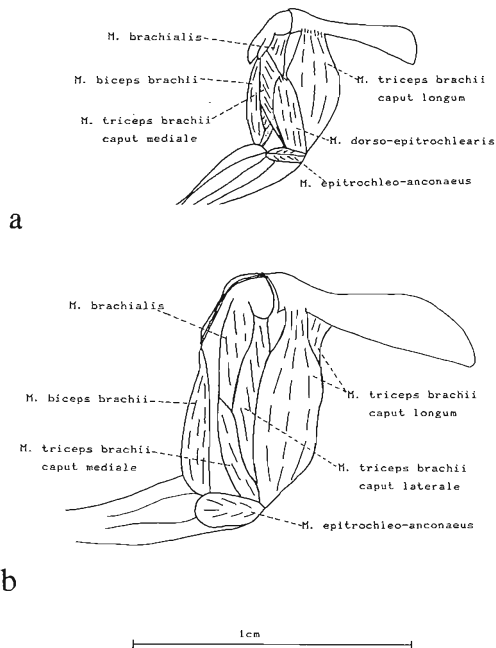


Abb. 2a—b: Verschiedenartigkeit des Caput longum des *M. triceps brachii* von *Sorex minutus* (a) und *Crocidura russula* (b).

**Musculus dorso-epitrochlearis**

Der *M. dorso-epitrochlearis* entspringt aus dem *M. latissimus dorsi*. Bei *Sorex* und *Crocidura* setzt er an der äußeren Olecranonspitze an, bei *Neomys* flächig auf der medialen Olecranonkante.

**Musculus epitrochleo-anconaeus**

Dieser sehr kleine Muskel liegt auf der medialen Humerusseite. Er zieht vom Epicondylus medialis zur Olecranonkante. Bei den *Sorex*-Arten sind zwei Portionen zu unterscheiden.

**Musculus biceps brachii**

Bei allen vier Spitzmausarten hat der *M. biceps brachii* einen einköpfigen Ursprung. Er entspringt mit einer kräftigen Sehne an der oberen Kante der Fossa glenoidalis und erweitert sich dann zu einem kräftigen fleischigen Muskelbauch. Der Muskel vereinigt sich im unteren Teil mit Fasern des *M. brachialis* und inseriert gemeinsam mit diesem mit einer kurzen Sehne auf den Medialseiten von Radius und Ulna.

**Musculus brachialis**

Er entspringt an der *Crista tuberculi minoris*, unterhalb des Gelenkkopfes und am *Tuberculum majus*. Der Muskel zieht von postero-medial nach antero-lateral um den

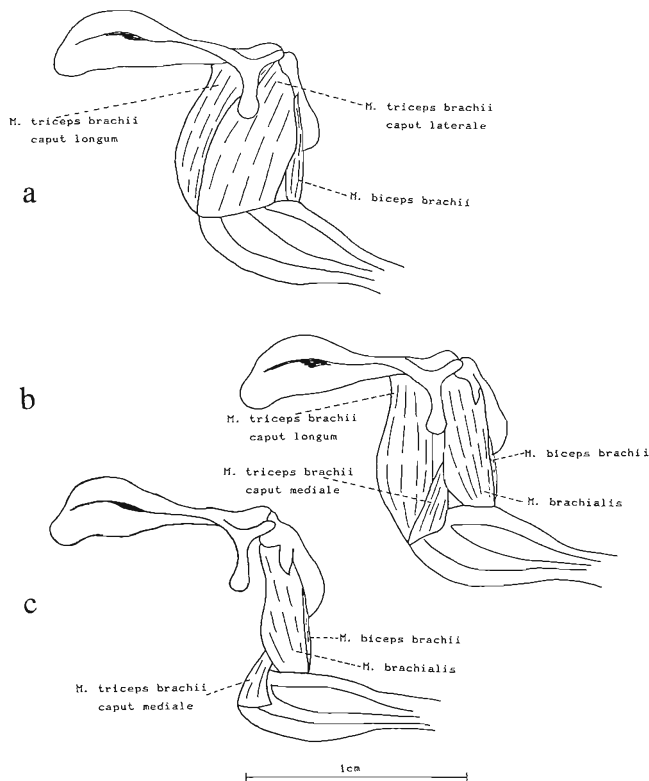


Abb. 3a—c: Seitenansicht der Oberarmmuskeln von *Sorex araneus* bei verschiedenen Präparationsstufen.

Humerus herum und vereinigt sich distal mit dem *M. biceps brachii*. Die Insertion erfolgt wie dort.

### Unterarmmuskeln

#### *Musculus supinator*

Der *M. supinator* ist ein kleiner schwacher Muskel, der vom *Epicondylus lateralis* entspringt und zum proximalen Radiusviertel zieht, wo er flächig inseriert.

#### *Musculus extensor carpi radialis*

Der *M. extensor carpi radialis* entspringt flächig auf dem *Epicondylus lateralis*. Er entsendet eine lange Sehne, die sich am Anfang des Handrückens in zwei Äste teilt. Der weiter innen liegende Ast inseriert auf dem verbindenden Bindegewebe zwischen dem Metacarpale II und dem Metacarpale III; die lateral laufende Sehne inseriert auf dem proximalen Ende von Metacarpale III.

#### *Musculus extensor digitorum communis*

Unmittelbar unterhalb des *M. extensor carpi radialis* verläuft der *M. extensor digitorum communis*. Es ist ein verhältnismäßig dünner Muskel mit einer langen und ziemlich kräftigen Sehne, die sich sofort in drei Hauptäste aufteilt. Auf der dorsalen Handfläche verlaufen diese drei Hauptäste wie folgt: der mediale Ast teilt sich in zwei Äste, die an den distalen Phalangen der Finger II und III inserieren. Der zentrale Ast verläuft bis zum distalen Ende der dritten Phalanx des vierten Fingers. Der laterale Ast teilt sich und inseriert mit dem einen Teilstück auf dem distalen Ende des Metacarpale III, nachdem er sich mit einer Sehne des *M. extensor indicis et pollicis longus* verbunden hat, und mit dem anderen auf der zweiten Phalanx des fünften Fingers.

Bei den drei anderen Arten ist der *M. extensor digitorum communis* mit dem *M. extensor digiti quinti proprius* verschmolzen und wird gemeinsam mit diesem beschrieben.

#### *Musculus extensor digiti quinti proprius*

Er entspringt am lateralen *Epicondylus*. In etwas mehr als der Hälfte des *Antebrachiums* geht der Muskelbauch in eine kräftige Sehne über, die sich auf dem Metacarpale V in zwei Äste teilt. Der mediale Ast inseriert an der dritten Phalanx des vierten Fingers und der laterale an der dritten Phalanx des fünften Fingers.

Bei *Sorex minutus* und *Neomys fodiens* sind die *M. extensor digitorum communis* und *extensor digiti quinti proprius* an ihrer Ursprungsstelle fleischig miteinander verwachsen. Die Sehnen dagegen lassen sich trennen. Die Insertion erfolgt wie bei *Sorex araneus*.

Bei *Crocidura russula* entsendet der zentrale Ast noch eine Sehne zur dritten Phalanx des dritten Fingers (Abb. 5).

#### *Musculus extensor carpi ulnaris*

Er hat seinen Ursprung distal am *Epicondylus lateralis* und inseriert mit einer kurzen Sehne auf einem kleinen Höcker am latero-proximalen Ende des fünften Metacarpale.

#### *Musculus abductor pollicis longus*

Am weitesten lateral-distal liegt der *M. abductor pollicis longus*. Er entspringt an der lateralen Olecranonkante und zieht in die medio-proximale Ecke des Metacarpale I.

**Musculus extensor indicis et pollicis longus**

Tiefer unten und vom proximalen Ende der lateralen Olecranonkante kommend liegt der *M. extensor indicis et pollicis longus*. Er ist recht schwach und zur Hälfte sehnig. Seine Hauptsehne teilt sich in drei Äste, die jeweils an der distalen Phalanx der Finger I bis III inserieren.

**Musculus pronator radii teres**

Er hat seinen Ursprung proximal am medialen Epicondylus, zieht antero-distal und inseriert mit einer relativ kurzen Sehne am Radius, etwa in der Hälfte der Radiuslänge.

**Musculus flexor carpi radialis**

Zwischen dem *M. pronator radii teres* und dem *M. digitorum profundus* liegt der Ursprung des *M. flexor carpi radialis*. Die Hälfte seiner Länge ist sehnig. Er setzt proximal auf dem Metacarpale III an.

**Musculus palmaris**

Der *M. palmaris* entspringt am Epicondylus medialis. Bei den beiden *Sorex*-Arten breitet sich seine Sehne am Beginn der Palma flächig aus und läuft in der Hohlhand-

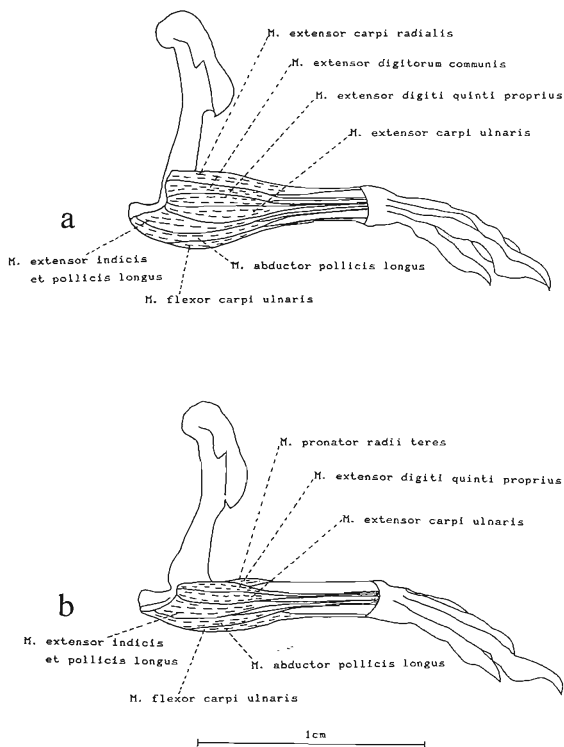


Abb. 4a—b: Laterale Unterarmmuskeln von *Sorex araneus* bei verschiedenen Präparationsstufen.

faszie aus. Ein Ast wird auf dieser Höhe abgegeben, der an der zweiten Phalanx des fünften Fingers inseriert.

Bei *Crocidura russula* bildet der Sehnenast, der zum fünften Finger abgeht, einen fleischigen Bauch aus und wird als M. flexor brevis digitorum manus bezeichnet. Er inseriert dann wieder sehnig an der zweiten Phalanx des fünften Fingers.

#### Musculus flexor carpi ulnaris

Distal am Olecranon liegt der Ursprung des M. flexor carpi ulnaris der Soricinen; bei *Crocidura russula* entspringt er medial und proximal am Olecranon. Bei allen Arten erfolgt die Insertion auf dem Os pisiforme, nachdem sich die Sehne bei *Neomys fodiens* kurzzeitig mit der Sehne des M. palmaris verbunden hat.

#### Musculus pronator quadratus

Es handelt sich um einen extrem schwachen Muskel, dessen Fasern vom Radius schräg distal zur Ulna ziehen, wo sie ohne Sehne inserieren.

#### Musculus flexor digitorum sublimus

Bei den Soricinen besteht er aus drei Muskelbäuchen, die als condylo-ulnaris, centralis und condylo-radialis bezeichnet werden. Die beiden erstgenannten entspringen auf der Innenseite und der letztgenannte auf der vorderen Kante des Epicondylus medialis. Jeder einzelne Kopf entsendet eine Sehne. Die drei Sehnen gabeln sich am distalen Ende der Metacarpalia II bis IV in je zwei Äste und umschließen die Sehnen des M. digitorum profundus. Anschließend vereinigen sich die beiden Äste wieder zu einer gemeinsamen Sehne, wobei die Sehne des condylo-ulnaris an der zweiten Phalanx des zweiten Fingers ansetzt, die des centralis an der zweiten Phalanx des dritten Fingers und die des condylo-radialis an der zweiten Phalanx des vierten Fingers.

Bei *Crocidura russula* ist der M. flexor digitorum sublimus mit Teilen des M. flexor digitorum profundus verschmolzen. Die Sehnen sind einzeln erkennbar und inserieren in der gleichen Art und Weise wie bei den Soricinen.

#### Musculus flexor digitorum profundus

Erkennbar sind fünf Bäuche, die als ulnaris proprius, condylo-ulnaris, centralis, condylo-radialis und radialis proprius bezeichnet werden. Der radialis proprius ent-

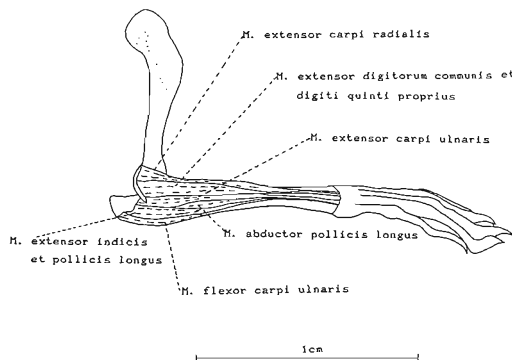


Abb. 5: Seitenansicht der Unterarmmuskeln von *Crocidura russula*.



springt am proximalen Fünftel des Radius, der condylo-radialis ebenso wie der centralis und der condylo-ulnaris am Epicondylus medialis; der ulnaris proprius tief auf der medialen Olecranonkante. Letzterer ist der kräftigste der fünf Bäuche und wird vom M. flexor carpi ulnaris verdeckt. Der kleinste ist der radialis proprius. Er hat eine gemeinsame Sehne mit dem condylo-radialis. Mit dieser Sehne verbinden sich am distalen Ende des Antebrachiums die übrigen vier Sehnen. Als eine gemeinsame dicke Sehne durchqueren sie den Canalis carpi. Unmittelbar dahinter teilt sich diese Sehne wieder in fünf einzelne Sehnen, die jeweils an der distalen Phalanx der Finger I bis V enden.

Bei *Neomys fodiens* haben der radialis proprius und der condylo-radialis ebenfalls eine gemeinsame Sehne. Nach kurzer Zeit vereinigt sich auch die Sehne des centralis mit dieser. Diese drei Sehnen vereinigen sich auf der Höhe des Os pisiforme zu einer gemeinsamen Sehne, die sich aber unmittelbar danach wieder in fünf einzelne teilt, die distal an den dritten Phalangen der Finger I bis V inserieren. Die drei mittleren werden dabei, wie zuvor beschrieben, von den Sehnen des M. flexor digitorum sublimus umschlossen.

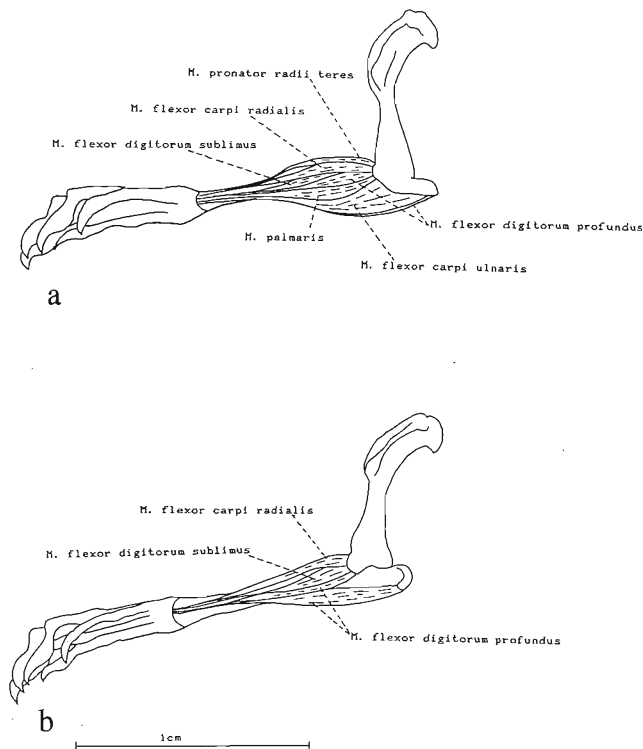


Abb. 6a—b: Mediale Unterarmmuskeln von *Neomys fodiens* bei verschiedenen Präparationsstufen.

Bei *Crocidura russula* sind ebenfalls fünf Köpfe des *M. flexor digitorum profundus* erkennbar. Einzelnen zu präparieren sind *ulnaris proprius* und *condylo-ulnaris*, die jeweils eine Sehne abgeben. *Radialis proprius*, *condylo-radialis* und *centralis* sind mit den Köpfen des *M. flexor digitorum sublimus* verschmolzen. Hiervon gehen neben den Sehnen des *M. flexor digitorum sublimus* zwei weitere Sehnen ab, die einmal als Sehne des *Caput centralis* und zum anderen als gemeinsame Sehne der *Capita condylo-radialis* und *radialis proprius* des *M. flexor digitorum profundus* anzusehen sind. Nachdem sich die Sehnen kurzzeitig miteinander verbinden, teilen sie sich erneut und inserieren in der für *Sorex* beschriebenen Art und Weise.

## 2. Muskeln der Hinterextremität

Bei den Hinterextremitäten wurden folgende Muskelgruppen nach ihrer Lage eingeteilt und untersucht:

### Hüftmuskeln

*M. gluteus maximus*, *M. tensor fascia femoris*, *M. gluteus medius*, *M. scansionis*, *M. gemellus*, *M. quadratus femoris*, *M. obturator externus*, *M. psoas major*, *M. iliacus*, *M. psoas minor*, *M. obturator internus*

### Oberschenkelmuskeln

*M. femorococcygeus*, *M. biceps femoris*, *M. tenuissimus*, *M. semitendinosus*, *M. semimembranosus*, *M. caudofemoralis*, *M. quadriceps femoris*, *M. gracilis*, *M. adductor magnus et brevis*, *M. adductor longus*, *M. pectineus*

### Unterschenkelmuskeln

*M. gastrocnemius*, *M. soleus*, *M. tibialis anticus*, *M. extensor digitorum longus*, *M. peroneus longus*, *M. peroneus brevis*, *M. peroneus digiti quarti*, *M. peroneus digiti quinti*, *M. extensor hallucis longus*, *M. plantaris*, *M. popliteus*, *M. flexor digitorum fibularis*, *M. flexor digitorum tibialis*, *M. tibialis posticus*

### Hüftmuskeln

#### Musculus gluteus maximus

Der *M. gluteus maximus* entspringt auf dem Sacrum, von der Faszie, die das Sacrum und das Ilium verbindet und von der dorsalen Kante der *Crista iliaca*. Er verjüngt sich nach unten hin und inseriert lateral auf der Spitze des *Trochanter tertius*. Nur bei den Soricinen ist der *M. gluteus maximus* mit dem *M. tensor fascia femoris* über dessen gesamte Länge hin verwachsen. Beide können jedoch aufgrund des geringfügig anderen Verlaufs ihrer Zugfasern voneinander unterschieden werden.

#### Musculus tensor fascia femoris

Der *M. tensor fascia femoris* hat seinen Ursprung auf der *Crista iliaca* und bedeckt dabei den Teil des *M. gluteus medius*, der ebenfalls dort entspringt. Er zieht ventrocaudal und inseriert auf der Spitze des *Trochanter tertius*, bei *Crocidura russula* nur mit einigen Fasern auf dem *Trochanter*, um dann in der Oberschenkelfaszie auszufließen.

#### Musculus gluteus medius

Das Sacrum, die Faszie zwischen der Wirbelsäule und dem Ilium sowie die posterodorsale Ecke der *Crista iliaca* stellen das Ursprungsgebiet für die fleischig angehefteten Muskelfasern. Sie inserieren rund um den *Trochanter major*.

Bei *Neomys fodiens* entspringt der *M. gluteus medius* zusätzlich noch vom Ilium.

**Musculus scansorius**

Bei den untersuchten Arten kommt der *M. scansorius* nur bei *Crocidura russula* vor. Verdeckt vom *M. tensor fasciae femoris* entspringt er ventral von der *Crista iliaca* und inseriert proximal auf dem *Trochanter tertius*.

**Musculus gemellus, Musculus quadratus femoris, Musculus obturator externus**  
Diese drei Muskeln sind zu einer festen Einheit verwachsen. Ihre Ursprungsfläche liegt auf *Ilium* und *Ischium* rund um das *Acetabulum* und bedeckt nahezu den gesamten *Ramus horizontalis ischii* bis zum Beginn des *Ramus symphyticus*. Die Insertion erfolgt rund um den *Trochanter major*, bei *Crocidura* zusätzlich auf einer Knochenleiste unterhalb des *Trochanteris*.

**Musculus psoas major, Musculus iliacus**

Bei allen untersuchten Arten sind diese beiden Muskeln über große Teile hin miteinander verwachsen. An ihren Ursprungsstellen lassen sie sich jedoch voneinander trennen. Der *M. psoas major* entspringt bei *Sorex araneus* und *Sorex minutus* an der *Lendenwirbelsäule*; der *M. iliacus* auf der *Crista iliaca* und mit einigen Fasern vom

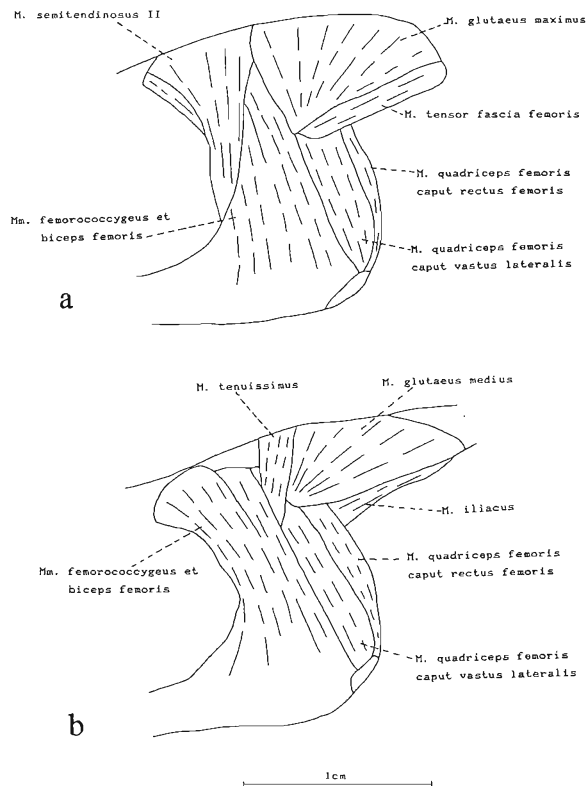


Abb. 7a—b: Laterale Hüft- und Oberschenkelmuskeln von *Crocidura russula* bei verschiedenen Präparationsstufen.

Ilium. Beide inserieren gemeinsam medial auf dem Trochanter minor; mit einigen Fasern auch distal davon auf dem Femur.

Bei *Neomys fodiens* entspringt der M. iliacus vom ganzen Ilium. Die beiden Muskeln inserieren gemeinsam mit einer kurzen, kräftigen Sehne und mit Fasern auf dem Trochanter minor.

Bei *Crocidura russula* liegt der Ursprung des M. psoas major etwas weiter anterior. Ansonsten ist der Verlauf beider Muskeln wie für *Sorex araneus* beschrieben.

#### Musculus psoas minor

Dieser lange, schmale Muskel auf dem ersten Drittel der Lendenwirbelsäule setzt mit einer langen, kräftigen Sehne auf dem Processus iliopectineum an.

#### Musculus obturator internus

Vom lateralen Ramus symphyticus kommend zieht der Muskel dorsad und setzt mit einer kurzen, flachen Sehne auf dem Trochanter major an.

### Oberschenkelmuskeln

#### Musculus femorococcygeus, Musculus biceps femoris

Diese beiden Muskeln sind nur an ihren Ursprungsstellen voneinander zu trennen. Bei den Soricinen haben sie ihren Ursprung dorsal und dorso-lateral auf dem Ischium. Von dort ziehen sie parallel zum Femur distad und laufen in der Unterschenkelfaszie aus. Der hintere Teil des M. biceps femoris endet auf der Achillessehne.

Bemerkenswert sind die Verhältnisse bei *Crocidura russula*. Hier entspringt der M. femorococcygeus von der Wirbelsäule, verwächst aber ab der Hälfte seiner Länge mit dem Musculus biceps femoris. Ansonsten sind die Verhältnisse wie bei *Sorex araneus*.

#### Musculus tenuissimus

Bei allen vier Arten liegt der Ursprung auf dem Sacrum. Von dort zieht der Muskel unter den M. biceps femoris und femorococcygeus, wo er in der gleichen Faszie ausläuft wie dieser.

#### Musculus semitendinosus

Bei den Soriciden ist dieser Muskel vollständig in zwei Teile geteilt, die mit M. semitendinosus I und II bezeichnet werden.

#### Musculus semitendinosus I

Der Ursprung des M. semitendinosus I erstreckt sich fast auf den gesamten Ramus symphyticus. Parallel zum Femur zieht er auf die mediale Seite des Unterschenkels und inseriert antero-medial auf der Crista tibialis. Dabei bedeckt er nahezu vollständig den Ansatz des M. semitendinosus II.

Bei *Neomys fodiens* inserieren beide Teile unmittelbar nebeneinander auf der Crista tibialis, bei *Crocidura russula* bedeckt der M. semitendinosus I vollständig den Ansatz des M. semitendinosus II.

#### Musculus semitendinosus II

Unmittelbar caudal vom M. gluteus maximus liegt der Ursprung des M. semitendinosus II. Postero-distal um das Femur ziehend inseriert er medial auf der Crista tibialis.

**Musculus semimembranosus**

Sowohl der Ursprung des M. semimembranosus lateral und ventro-lateral vom mittleren Drittel des Ramus horizontalis ischii als auch sein Ansatz auf der Crista tibialis sind fleischig.

**Musculus caudofemoralis**

Der Muskel entspringt bei *Sorex araneus* und *Sorex minutus* sehnig, bei *Neomys fodiens* und *Crocidura russula* fleischig von der Tuberositas ischii. Die Insertion erfolgt auf dem medialen Epicondylus des Femur.

**Musculus quadriceps femoris**

Der große Extensor des Unterschenkels entspringt mit vier Köpfen, und zwar mit der Pars rectus femoris vom Ilium, mit der Pars vastus lateralis vom Trochanter major, dem Trochanter tertius und von der sie verbindenden Knochenleiste und mit der Pars vastus medialis, deren hinterer Teil sich als vastus intermedius abspalten läßt, vom Femurschaft. Alle vier Köpfe verbinden sich miteinander und inserieren auf der Patella, im Patellargelenk und antero-proximal auf der Tibia.

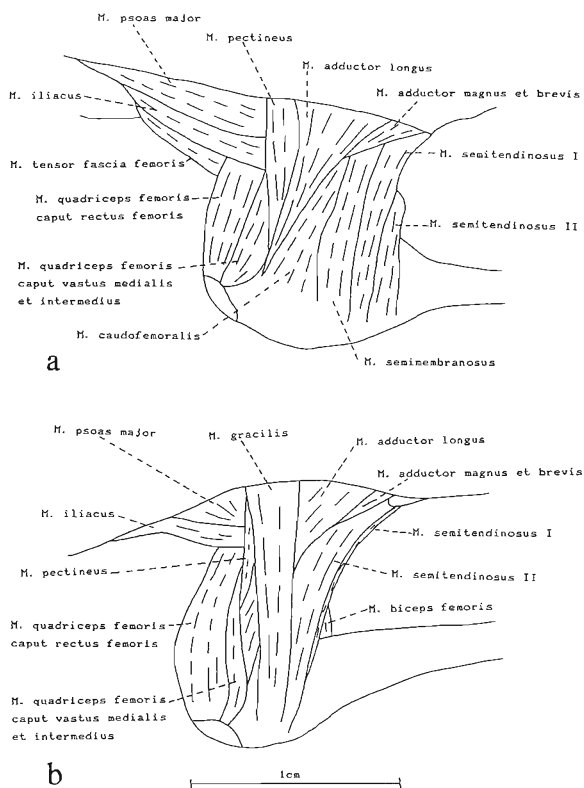


Abb. 8a—b: Unterschiedliche Insertion der Mm. semitendinosus I und II bei *Neomys fodiens* (a) und *Crocidura russula* (b).

### Musculus gracilis

Unterschiedlich breit ist bei den einzelnen Arten die Ursprungsfläche des *M. gracilis*. Sie bedeckt bei *Sorex* ungefähr die Hälfte, bei *Neomys fodiens*  $\frac{2}{3}$  und bei *Crocidura russula*  $\frac{3}{4}$  der ventro-lateralen Kante des Ramus horizontalis pubis. Der Muskel zeigt einen caudad gerichteten Verlauf und setzt auf der Crista tibialis an.

### Musculus adductor magnus et brevis

Der *M. adductor magnus et brevis* entspringt von der distalen Hälfte des Ramus horizontalis pubis und von der ventro-lateralen Ecke des Ramus symphyticus. Bei den Soricinen inseriert er lateral auf der Knochenleiste zwischen dem Trochanter major und dem Trochanter tertius, bei *Neomys fodiens* zusätzlich auf dem Femur.

Die Insertionsstelle bei *Crocidura russula* erstreckt sich rund um den Trochanter tertius.

### Musculus adductor longus

Bei den Soricinen entspringt der *M. adductor longus* ventrolateral vom Ramus horizontalis pubis. Er bedeckt das vordere Drittel des *M. adductor magnus et brevis*. Die

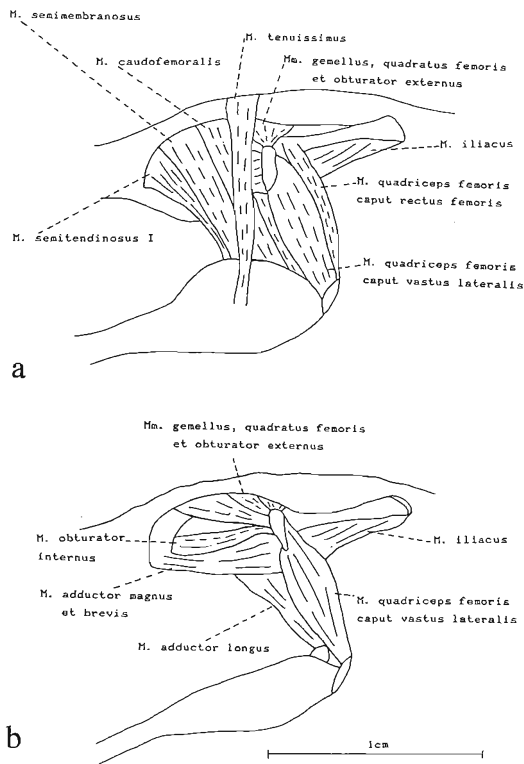


Abb. 9a—b: Laterale Hüft- und Oberschenkelmuskeln von *Sorex araneus* bei verschiedenen Präparationsstufen (tiefer liegende Schichten).

Insertion erfolgt in zwei Portionen, und zwar mit dem proximalen Teil faserig auf dem distalen Drittel des Femur — bei *Neomys* auf den distalen  $\frac{2}{3}$  — und mit dem distalen Teil auf dem medialen Epicondylus.

Bei *Crocidura russula* setzen die beiden Muskelportionen auf dem distalen Drittel des Femur und posterior auf dem Epicondylus medialis und zwischen dem Epicondylus medialis und dem Epicondylus lateralis an.

#### Musculus pectineus

Die Ursprungsfläche liegt rund um das Tuberculum iliopectineum. Der Muskel inseriert ohne Sehne auf der medialen Seite des Femur, unterhalb des Trochanter minor.

#### Unterschenkelmuskeln

##### Musculus gastrocnemius

Der M. gastrocnemius entspringt mit zwei Köpfen, die als M. gastrocnemius caput laterale und M. gastrocnemius caput mediale bezeichnet werden.

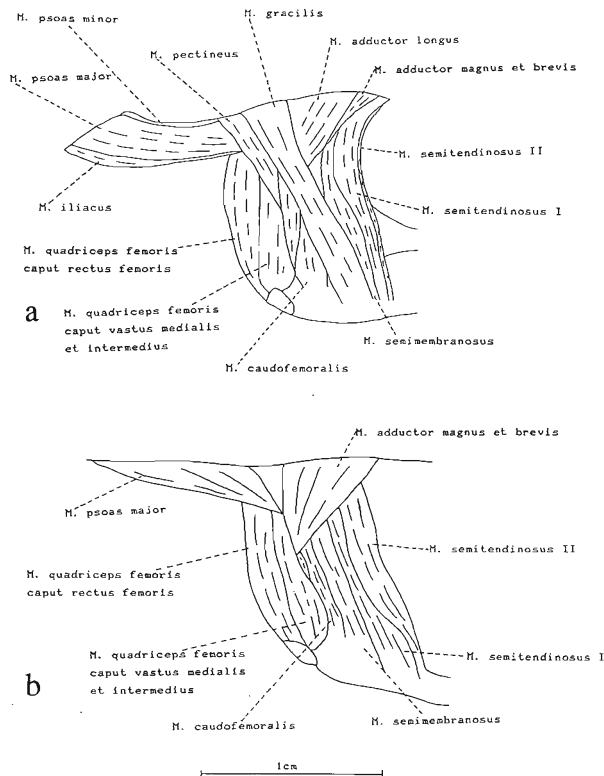


Abb. 10a—b: Mediale Hüft- und Oberschenkelmuskeln von *Sorex araneus* bei verschiedenen Präparationsstufen.

Bei den Soricinen entspringt das Caput laterale fleischig posterior und distal vom Sesamoid auf dem lateralen Epicondylus des Femur. Der dicke Muskelbauch ist an seiner Ursprungsstelle mit dem M. plantaris verwachsen, trennt sich aber gleich wieder von diesem und geht in eine sehr kräftige Sehne über. Das Caput mediale entspringt posterior vom medialen Epicondylus des Femur. Beide Köpfe vereinigen sich distal und entsenden eine gemeinsame Sehne, die Achillessehne. Sie verläuft posterior und parallel zur Sehne des M. plantaris. Im distalen Bereich dreht sich die Achillessehne um die Sehne des M. plantaris und inseriert unter dieser posterior auf dem Calcaneus; bei *Neomys fodiens* posterior und lateral. Bei *Crocidura russula* entspringt der M. gastrocnemius caput laterale zusätzlich noch mit einigen Fasern proximal von der Fibula.

#### Musculus soleus

Das Ursprungsgebiet dieses Muskels liegt bei den Soricinen medial und proximal auf der Fibula. Distal verschmilzt der Muskel mit dem lateralen Teil des M. gastrocnemius und mündet mit diesem auf dem Calcaneus.

Bei *Crocidura russula* entspringt der Muskel vom Fibula-Kopf und etwas distal davon. Er verschmilzt nicht mit dem M. gastrocnemius, mündet aber gemeinsam mit diesem in die Achillessehne.

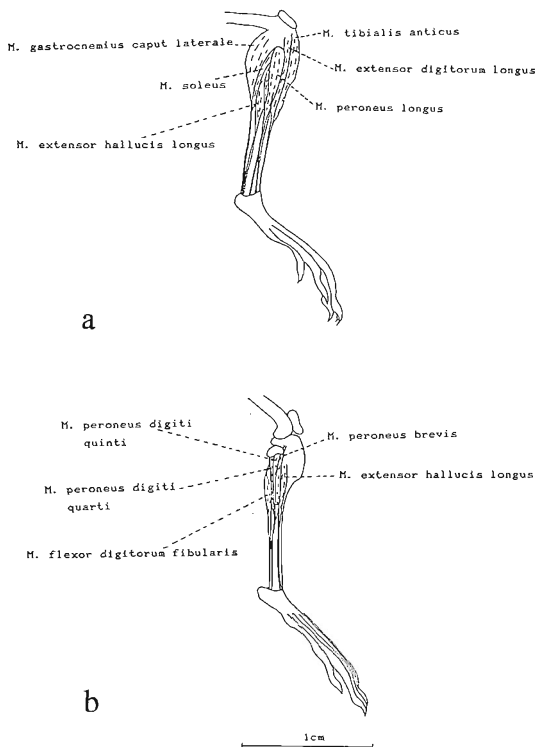


Abb. 11 a—b: Seitenansicht der Unterschenkelmuskeln von *Sorex araneus* bei verschiedenen Präparationsstufen.



**Musculus tibialis anticus**

Er entspringt antero-proximal auf der Crista tibialis und entsendet eine relativ kräftige Sehne, die unter dem verknöcherten Schenkelband verläuft und distal auf dem Tarsale I inseriert.

Bei *Crocidura russula* liegt der Insertionspunkt medial zwischen dem Tarsale und dem Metatarsale I.

**Musculus extensor digitorum longus**

Der M. extensor digitorum longus entspringt anterior vom Epicondylus lateralis des Femur. Distal auf den Metatarsalia teilt sich seine Hauptsehne in vier Teiläste, die sich kurz darauf nochmal in je zwei Teiläste teilen. Sie inserieren distal auf der dritten Phalanx der Zehen II—V.

Bei *Neomys fodiens* liegen die Ansatzstellen je auf der ersten und zweiten, bei *Crocidura russula* auf der ersten und dritten Phalanx der vier äußeren Zehen.

**Musculi peronei**

Die Mm. peronei entspringen alle proximal von der Fibula. Im einzelnen unterscheidet man den

**Musculus peroneus longus**

Er entspringt antero-lateral vom Fibulakopf. Seine Sehne ist am Metatarsale V befestigt, gibt aber gleichzeitig einen relativ kräftigen Ast ab, der sich am proximalen Ende des mittleren Metatarsale nochmal in drei Äste teilt. Einer setzt proximal auf dem Metatarsale I an, die beiden anderen erweitern sich kurzfristig zu fleischigen Muskelbäuchen und inserieren mit kurzen Sehnen distal auf den Metatarsalia II und III.

Bei *Neomys fodiens* verläuft die Sehne des M. peroneus longus am lateralen Malleolus durch eine Rinne, die dieser Knöchel bildet, bis zum Metatarsale V. Hier schließt sie einen kleinen Sesamknochen ein und verläuft dann quer über die Planta bis zur Insertionsstelle am Metatarsale I. Die Sehnen der übrigen M. peronei laufen unterhalb dieser Knochenrinne.

Bei *Crocidura russula* läuft die Muskelsehne durch eine Konkavität im lateralen Malleolus und inseriert medio-plantar auf dem Metatarsale V. Sie gibt einen Ast ab, der wie für *Neomys fodiens* beschrieben zum Metatarsale I geht.

**Musculus peroneus brevis**

Er entspringt antero-medial vom Fibulakopf, vom proximalen Teil des Fibulaschafts und mit einer relativ starken Sehne vom Condylus tibialis. Der Muskel inseriert mit einer langen Sehne latero-proximal auf dem Metatarsale V.

Bei *Neomys fodiens* laufen außerdem kleinere Sehnen zu den Verbindungsbändern zwischen den Metatarsalia II und III.

**Musculus peroneus digiti quarti**

Der M. peroneus digiti quarti verläuft vom antero-lateralen Fibulaschaft zur dorso-proximalen Kante der dritten Phalanx der vierten Zehe.

**Musculus peroneus digiti quinti**

Der M. peroneus digiti quinti entspringt antero-lateral von einer Ausbuchtung des Fibulakopfes und inseriert mit einer langen Sehne dorso-lateral und proximal auf der zweiten Phalanx der fünften Zehe.

Bei *Neomys fodiens* und *Crocidura russula* setzt die Sehne proximal auf der dritten Phalanx des fünften Zehs an.

#### Musculus extensor hallucis longus

Der Muskel entspringt postero-lateral von der Tibia, oberhalb des Verbindungspunktes von Tibia und Fibula und von der Membrana interossea. Seine relativ kräftige Sehne läuft unter dem verknöcherten Schenkelband hindurch und teilt sich anschließend in drei Teiläste, die bei den Soricinen jeweils auf der gesamten Länge der ersten und zweiten Phalanx der Zehen I—III angeheftet sind.

Bei *Crocidura russula* inseriert der M. extensor hallucis longus proximal auf der zweiten Phalanx der ersten Zehe.

#### Musculus plantaris

Eingebettet zwischen den beiden Köpfen des M. gastrocnemius liegt der M. plantaris. Er entspringt posterior und proximal vom Sesamoid des Epicondylus lateralis des Femur. Der relativ schlanke Muskelbauch entsendet eine kräftige Sehne, die den distalen Teil der Achillessehne bedeckt und sich plantar faszienähnlich ausdehnt. Proximal auf dem medialen Metatarsale teilt sich die Sehne in drei Teiläste, die sich kurz darauf nochmals teilen. Der laterale Ast inseriert auf dem Sesamoid der zweiten Phalanx der Zehen II—IV. Der mediale verschmilzt mit der Sehne des M. flexor digitorum fibularis.

Bei *Neomys fodiens* sind die vier Teiläste auf den distalen Phalangen der vier äußeren Zehen befestigt.

Auffallend ist bei *Crocidura russula* die Ausbildung eines kurzen Muskelbauches im distalen Sehnenbereich. Er wird mit M. flexor digitorum brevis bezeichnet und entsendet vier Sehnen, die proximal an der zweiten Phalanx der Zehen II—V inserieren.

#### Musculus popliteus

Der M. popliteus liegt in der Kniekehle. Er zieht, von einem Sesamoid am Epicondylus lateralis des Femur entspringend, medio-distal und inseriert flächig in der Mitte der Crista tibialis.

Bei *Crocidura russula* entspringt der M. popliteus mit einer kurzen, festen Sehne vom Epicondylus lateralis des Femur und mit Fasern vom Sesamoid unmittelbar davor. Der Verlauf und der Ansatz sind wie bei den Soricinen.

#### Musculus flexor digitorum fibularis

Bei allen von mir untersuchten Arten entspringt der M. flexor digitorum fibularis zweiköpfig, und zwar einesteils postero-lateral vom Condylus tibialis und andererseits postero-lateral vom Fibulakopf und vom proximalen Teil des Fibulaschafts. Beide Portionen vereinigen sich und entsenden eine relativ kräftige Sehne, die medial um den Calcaneus läuft, sich faszienartig ausbreitet und sich proximal auf den Metatarsalia in fünf Äste aufteilt. Diese inserieren jeweils distal auf der dritten Phalanx der fünf Zehen.

#### Musculus flexor digitorum tibialis

Der M. flexor digitorum tibialis entspringt flächig posterior vom medialen Condylus tibialis und von der Tibia. Seine lange und kräftige Sehne teilt sich auf der Fußunterseite in zwei Teiläste, von denen der mediale auf dem Tarsale III ansetzt. Der laterale

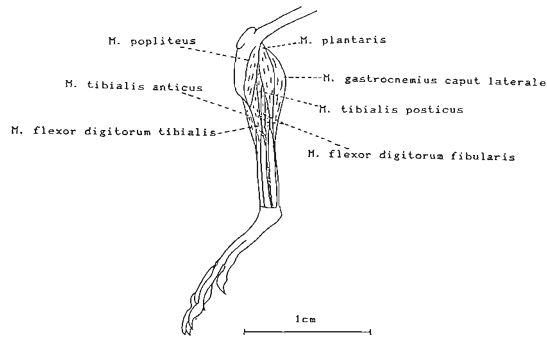


Abb. 12: Mediale Unterschenkelmuskeln von *Sorex araneus*.

Ast verschmilzt mit der faszienartig ausgebreiteten Sehne des *M. flexor digitorum fibularis* und inseriert gemeinsam mit dieser auf den distalen Phalangen der Zehen I—IV.

Bei *Crocidura russula* läuft die kräftige Sehne zu einem Sesamoid am Tarsale I, wo sie einen Ast abgibt, der sich mit der Sehne des *M. flexor digitorum fibularis* vereinigt, und dieser zu den Phalangen der Zehen I—IV folgt.

#### Musculus tibialis posticus

Bei *Sorex araneus* und *Sorex minutus* entspringt der *M. tibialis posticus* medial und antero-medial vom Fibulakopf. Er ist nicht besonders kräftig und entsendet eine lange, dünne Sehne, die an der Fußinnenseite entlangläuft und medial auf dem Tarsale I inseriert.

Bei *Neomys fodiens* und *Crocidura russula* ist der *M. tibialis posticus* an seinem Ursprung mit dem Teil des *M. flexor digitorum fibularis* verwachsen, der ebenfalls vom Fibulakopf entspringt. Er trennt sich aber gleich von diesem und verhält sich dann so wie für die beiden anderen Arten beschrieben.

### Diskussion

Die untersuchten Arten unterscheiden sich durch die Besiedlung unterschiedlicher Lebensräume und in der Art ihrer Fortbewegung voneinander.

*Sorex araneus* bewohnt vor allem Wälder, aber auch Feldgehölze, Moore und Sumpfbereiche (Löhrl 1938), während *Sorex minutus* in baumlosen Biotopen zahlenmäßig häufiger vorkommt (Heydemann 1960). Das Vorkommen von *Neomys fodiens* ist immer an Gewässer gebunden (Niethammer 1977, 1978, Niethammer & Krapp 1990). Darauf weisen verschiedene morphologische Kriterien wie die Schwimmborsten an der Schwanzunterseite (Stein 1975), auf den Sohlenflächen der Hinterfüße und an den Seitenrändern der Zehen (Hutterer 1985) hin. Die Fundplätze von *Crocidura russula* liegen alle in warmer und geschützter Lage und weisen eine erhöhte Luftfeuchtigkeit auf (Richter 1963).

Innerhalb der Soriciden sind die meisten Gruppen terrestrisch und semi-digitigrad. Die Art ihrer Fortbewegung wird von Pruitt (1957) als „sich überstürzendes Laufen“

beschrieben. Jedes einzelne Bein schwingt in einer einzigen Ebene, und die Gesamtbewegung wird als einfacher „vor-und-zurück-Typ“ bezeichnet (Reed 1951).

Vergleichbar ist die Fortbewegung von *Neomys fodiens* unter Wasser. Der Bewegungsmodus wird als alternierendes, vierfüßiges Lauschwimmen bezeichnet, bei dem die Extremitäten von seitlich-vorne nach hinten-innen geführt werden (Ruthard & Schröpfer 1985).

Gefangenschaftsbeobachtungen an *Sorex araneus* berichten über eine recht intensive Grabtätigkeit der Tiere (Churchfield 1980). Wasserspitzmäuse legen ebenfalls Höhlen und Gänge in Erdschichten an (Schreitmüller 1953); im Unterschied dazu gräbt *Sorex minutus* fast nie (Herter 1957), weist aber ebenso wie *Sorex alpinus* eine enorme Kletterfähigkeit auf (Hutterer 1977, 1982). Haines (1954) deutet morphologische Besonderheiten an der Hand von *Crocidura russula* als Spezialisierung in Verbindung mit einer Grabtätigkeit.

Als einer der großen Humerusrotatoren ist der *M. subscapularis* in diesem Zusammenhang von Bedeutung. Bei den Soricinen entspringt er zweiköpfig von der Scapula, während er bei *Crocidura russula* eine einheitliche Masse bildet. Bei der letztgenannten Art entsprechen Ursprung und Ansatz des Muskels dem größeren der beiden *M. subscapularis*-Anteile der Soricinen. Die gleichen Verhältnisse wie bei der Hausspitzmaus fanden Campbell (1939) bei *Chrysochloris* und Sharma (1958) bei *Suncus murinus*. Der zweiköpfige Ursprung des *M. subscapularis* ist auch bei *Neurotrichus* und *Galemys* vorhanden.

Erwähnenswert ist auch der unterschiedliche Ansatz des *M. deltoideus* bei den einzelnen Arten. Während bei den Soricinen die Insertionsstelle der *M. cleido-* und *acromiodeltoideus* auf der *Crista tuberculi majoris* liegt, inserieren alle drei Portionen des *M. deltoideus* bei *Crocidura russula* auf der *Crista deltoidea*, die bei allen Arten sehr stark ausgeprägt ist (Zender 1993). Ärnäck-Christie-Linde (1907) fand die für *Crocidura russula* beschriebenen Verhältnisse bei den von ihr untersuchten Crocidurinen. Bei einigen Nagern sind die *Mm. cleido-* und *acromiodeltoideus* nicht voneinander getrennt (Klingener 1964). Bei der Laborratte setzen Clavicular- und Acromialteil des *M. deltoideus* wie bei der Hausspitzmaus auf der *Crista deltoidea* an (Hebel & Stromberg 1976).

Bei allen von mir untersuchten Arten entspringt der *M. biceps brachii* einköpfig. Seine Sehne verschmilzt distal mit der des *M. brachialis* und inseriert auf Radius und Ulna. Bei *Blarina brevicauda* (Campbell 1939) und bei *Suncus murinus* (Sharma 1958) sind die Verhältnisse ebenso. Ein einköpfiger Ursprung des *M. biceps brachii* findet sich auch bei *Scapanus* und *Neurotrichus*; aber bei beiden Arten inseriert seine Sehne nur auf dem Radius (Reed 1951). Rausch (1976) beschreibt für *Mus musculus*, *Acomys dimidiatus* und *Rattus norvegicus* einen zweiköpfigen Ursprung des *M. biceps brachii*, fand aber die gleichen Ansatzstellen dieses Muskels, wie ich sie bei den von mir untersuchten Arten gefunden habe. Demgegenüber inseriert er bei *Microtus nivalis* nur auf der Ulna (Boye 1988).

Bei *Crocidura russula* hat der Sehnenast des *M. palmaris*, der zum fünften Finger zieht, einen fleischigen Bauch ausgebildet und wird als *M. flexor brevis digitorum manus* bezeichnet. Die gleichen Verhältnisse fand Haines (1954) bei *Tupaia*.

Während bei den meisten Säugetieren der *M. semitendinosus* zweiköpfig entspringt (Howell 1932, Klingener 1964), tritt er bei den Insektivoren in drei verschiede-

nen Modifikationen auf: Bei *Tupaia* und *Centetes* entspringt er zweiköpfig; bei den Soriciden und Talpinen tritt eine völlige Trennung des Muskels in zwei unabhängige Portionen auf. Bei *Macroscelides* und *Erinaceus* ist nur der vom Becken entspringende Teil ausgebildet (Leche 1883).

Bei allen von mir untersuchten Arten ist der *M. gluteus maximus* in seiner gesamten Länge mit dem *M. tensor fascia femoris* verwachsen. Unter den Insectivoren kommt ein völlig selbständiger *M. tensor fascia femoris* nur bei *Tupaia* vor (Leche 1883). In der Regel lassen sich beide Muskeln leicht voneinander trennen. Bei vielen Nagern trifft man ähnliche Verhältnisse.

Bei den von mir untersuchten Soricinen entspringt der *M. femorococcygeus* gemeinsam mit dem *M. biceps femoris dorso-lateral* vom Ischium. Beide sind in ihrer gesamten Länge miteinander verwachsen. Ebenso entspringen die Muskeln bei *Erinaceus* und *Macroscelides*, wobei der *M. femorococcygeus* bei *Macroscelides* als völlig selbständiger Muskel auftritt (Leche 1883). Bei *Crocidura russula* entspringt der *M. femorococcygeus* von der Wirbelsäule, vereinigt sich im weiteren Verlauf aber ebenfalls mit dem *M. biceps brachii*. Die gleichen Verhältnisse beschreibt Reed (1951) für *Scapanus* und *Neurotrichus*.

Erwähnenswert ist der *M. scansorius*, eine vom *M. gluteus medius* abgelöste Portion, die nur bei *Crocidura russula* zu finden war. Leche (1883) beschreibt den *M. scansorius* auch für *Crocidura leucodon*. Nach Vialleton (1924) existiert ein solcher Muskel bei Säugern; allerdings benennt er keine Arten.

Die *Mm. psoas major* und *iliacus* bilden eine einheitliche Muskelmasse; eine Verschmelzung, die im gesamten Tierreich häufig anzutreffen ist. Bei den Insectivoren sind die beiden Muskeln nur bei *Tupaia*, *Macroscelides* und *Galeopithecus* voneinander getrennt (Leche 1883).

Der *M. sartorius* fehlt den untersuchten Soriciden, kommt aber bei *Tupaia* und *Erinaceus* vor (Leche 1883).

Einzigartig unter den Mammalia ist bei den Soriciden die Verwachsung der *M. gemellus*, *obturator externus* und *quadratus femoris* zu einer einheitlichen Muskelmasse. Nach Leche (1883) tritt dies bei keinem anderen Säugetier auf.

### Zusammenfassung

Es wurden funktionsmorphologische Untersuchungen an der Extremitätenmuskulatur von vier einheimischen Spitzmausarten aus zwei verschiedenen Unterfamilien durchgeführt. Neben drei terrestrischen Arten wurde eine semi-aquatische Art bearbeitet. Hinsichtlich der Ursprungs- und Ansatzstellen der einzelnen Muskeln bestehen sowohl Unterschiede zwischen den Unterfamilien als auch zwischen Gattungen und Arten.

### Literaturverzeichnis

- Ärnäck-Christie-Linde, A. (1907): Der Bau der Soriciden und ihre Beziehungen zu anderen Säugetieren. — *Morph. Jb.* 36: 463—514.  
 Boye, P. (1988): Vergleichende Untersuchungen zur Anatomie und Biologie der Schneemaus *Microtus nivalis* — Diplomarbeit Univ. Bonn.  
 Campbell, B. (1939): The shoulder anatomy of the moles. A study in phylogeny and adaptation. — *Amer. Jour. Anat.* 64: 1—39.  
 Churchfield, S. (1980): Subterranean foraging and burrowing activity of the Common shrew. — *Acta Theriologica* 25: 451—459.

- Haines, R. W. (1954): The anatomy of the hand of certain insectivores. — Proc. zool. Soc. Lond. 5: 761–777.
- Hebel, R. & M. W. Stromberg (1976): Anatomy of the laboratory rat. — The Williams and Wilkins Company (Baltimore).
- Herter, K. (1957): Das Verhalten der Insektivoren — in: W. Kükenthal: Handb. d. Zool. 8, 9. Lfg., 1; W. de Gruyter Berlin.
- Heydemann, B. (1960): Zur Ökologie von *Sorex araneus* und *Sorex minutus*. — Z. Säugetierk. 25: 24–29.
- Howell, A. B. (1932): The saltatorial rodent *Dipodomys*: the functional and comparative anatomy of its muscular and osseous system. — Proc. Am. Acad. Sci. 67: 377–536.
- Hutterer, R. (1977): Haltung und Lebensdauer von Spitzmäusen der Gattung *Sorex*. — Z. angew. Zool. 64: 353–367.
- Hutterer, R. (1982): Biologische und morphologische Beobachtungen an Alpenspitzmäusen (*Sorex alpinus*). — Bonn. zool. Beitr. 33: 3–18.
- Hutterer, R. (1985): Anatomical adaptations of shrews. — Mammal Review, Vol. 15, Nr. 1: 43–55.
- Klingener, D. (1964): The comparative myology of four dipodoid rodents (genera *Zapus*, *Napaeozapus*, *Sicista* and *Jaculus*). — Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Michigan 124: 1–100.
- Leche, W. (1883): Zur Anatomie der Beckenregion bei Insectivora, mit besonderer Berücksichtigung ihrer morphologischen Beziehungen zu derjenigen anderer Säugethiere. — K. Sv. Vet. Akad. Handl. Ser. 4, 20 (4): 1–113.
- Löhrl, H. (1938): Ökologische und physiologische Studien an einheimischen Muriden und Soriciden. — Z. Säugetierk. 18: 114–143.
- Niethammer, J. (1977): Ein syntopes Vorkommen der Wasserspitzmäuse *Neomys fodiens* und *Neomys anomalus*. — Z. Säugetierk. 42: 1–6.
- Niethammer, J. (1978): Weitere Beobachtungen über syntope Wasserspitzmäuse der Arten *Neomys fodiens* und *Neomys anomalus*. — Z. Säugetierk. 43: 321–330.
- Niethammer, J. & F. Krapp, Hrsg. (1990): Handbuch der Säugetiere Europas Bd. — 3/I Akad. Verlagsges. (Wiesbaden).
- Pruitt, W. (1957): A survey of the mammalian family Soricidae (shrews). — Säugetierk. Mitt. 5: 18–27.
- Rausch, V. (1976): Vergleich von Extremitätenmuskulatur und Extremitätenknochen bei Stachelmaus (*Acomys dimidiatus*) und Hausmaus (*Mus musculus*) — Diplomarbeit Univ. Bonn.
- Reed, Ch. A. (1951): Locomotion and appendicular anatomy in three soricoid insectivores. — Amer. Midl. Nat. 45: 513–666.
- Richter, H. (1963): Zur Verbreitung der Wimperspitzmäuse (*Crocidura*, Wagler 1832) in Mitteleuropa. — Zool. Abh. Ber. staatl. Mus. Tierk. Dresden 26: 219–242.
- Ruthard, M. & R. Schröpfer (1985): Zum Verhalten der Wasserspitzmaus *Neomys fodiens* unter Wasser. — Z. angew. Zool. 72: 49–57.
- Schreitmüller, W. (1953): Einiges über die Wasserspitzmaus (*Neomys fodiens* Pall.). — Z. Säugetierk. 17: 149–151.
- Sharma, D. R. (1958): Anatomy of *Suncus murinus*. — J. Morph. 102: 427–535.
- Stein, G. H. W. (1975): Über die Bestandesdichte und ihre Zusammenhänge bei der Wasserspitzmaus *Neomys fodiens* (Pennant). — Mitt. zool. Mus. Berl. 51: 187–198.
- Vialleton, L. (1924): Morphologie generale Membres et ceintures des vertebres tetrapodes, critique morphologique du transformisme. — Doin, Paris.
- Zender, D. (1993): Vergleichend und funktionell anatomische Untersuchungen am Extremitätenskelett einiger Soricidae. — Säugetierkundl. Inf. 17 (im Druck).