

Auf der dritten großen Fahrt von Captain James Cook in die Südsee beschrieb der mitreisende englische Arzt William Ellis 1780 in seinem Tagebuch ein bis dahin unbekanntes Tier, das in Südostasien lebt und ein unscheinbares, den Eichhörnchen ähnliches Aussehen hat. Es wurde „squirrel shrew“ oder „tree shrew“ genannt. Dieser Name gilt auch heute noch im englischen Sprachbereich für alle Vertreter dieser Tiergruppe, die im Deutschen wegen ihrer häufig spitzen Schnauze „Spitzhörnchen“ heißen.



Abb. 1: Spitzhörnchen (*Tupaia belangeri*)

Verbreitungsgebiet

In den tropischen Regen- und Bergwäldern, aber auch in der Nähe menschlicher Siedlungen, in Plantagen und Parkanlagen Süd- und Südostasiens sind die Tiere weit verbreitet. Die Farbe ihres kurzen und weichen Fells ist braun mit schwärzlichen, olivgrünen, rötlichen und gelblichen Tönen.

In einer der wenigen Freilandstudien an Spitzhörnchen hat das japanische Forscherpaar Kawamichi *Tupaia glis* in Singapur beobachtet. Danach bewohnen männliche und weibliche Tiere ineinander übergehende Territorien, in denen sie in lockerer Paarbeziehung leben. Diese Reviere werden gegen Eindringlinge teilweise heftig verteidigt. Auf Grund dieses ausgeprägten Territorialverhaltens, besonders männlicher Tupaia, lassen sich an diesen Tieren auch im Labor grundlegende Studien zur Frage der Dominanz und ihrer neurobiologischen, physiologischen und verhaltensbiologischen Konsequenzen durchführen.

Zur Biologie

Die seit vielen Jahrzehnten geführte Diskussion über die entwicklungsbiologische Einordnung der Tupaia und die damit verbundene Frage, ob sie in der Systematik der Säugetiere den Primaten zuzurechnen sind oder nicht, spiegelt sich schon in ihrem deutschen Namen wider, denn die Spitzhörnchen sind nicht mit den uns bekannten Hörnchen verwandt. Auch der englische Name „tree shrew“ ist irreführend, denn die meisten Arten der „tree shrews“ halten sich eher am Boden als in Bäumen auf. Der zoologische Familienname Tupaiidae leitet sich von dem Wort „Tupai“ ab, womit im Malaiischen alle in ihrem äußeren Erscheinungsbild wie Hörnchen aussehenden Tiere bezeichnet werden. Zudem besteht teilweise eine überraschende Übereinstimmung

im Habitus der im selben Biotop lebenden echten Hörnchen und den Spitzhörnchen.

Die heute bekannten Tupaia umfassen insgesamt 18 Arten, die in zwei Unterfamilien aufgeteilt sind. Mit Ausnahme einer Art, der nachtaktiven Federschwanz-Tupaia (*Ptilocercus lowii*, siehe Abb. 2), sind alle anderen Arten tagaktiv. Unser Wissen über die mausgroßen, baumbewohnenden Federschwanz-Tupaia von Borneo, Malaysia und Sumatra ist nur sehr spärlich. In der Systematik werden sie - u.a. wegen ihrer Nachtaktivität - als eigene Unterfamilie (Ptilocercinae) den Buschschwanz-Tupaia (Tupaiinae) gegenübergestellt. Das Körpergewicht der kleinen, fast ausschließlich baumlebenden Arten und der großen, bodenlebenden Arten liegt zwischen 50 und 350 Gramm; die Rumpflänge kann zwischen 12 und mehr als 20 Zentimeter betragen. Am besten untersucht sind die beiden Arten *Tupaia glis* und *Tupaia belangeri*. Sie repräsentieren mittelgroße Vertreter der Buschschwanz-Tupaia, die sich zwar behende im Geäst bewegen können, aber



Abb. 2: Federschwanz-Tupaia (*Ptilocercus lowii*)

den größten Teil ihrer Nahrung mit ihrer langen Schnauze und den scharfen Krallen am Boden aufstöbern. Anders als bei den fast ausschließlich vegetarisch lebenden echten Hörnchen, stehen auf dem Speiseplan der Spitzhörnchen Würmer, Larven, Insekten, Früchte und vereinzelt auch kleine Wirbeltiere.

Von den Zoologen wurden die Tupaia zunächst den Insektenfressern (Insektivoren) zugeordnet. Ernst Haeckel, der in Deutschland entgegen vielen Anfeindungen für Darwins Lehre von der Evolution der Arten unter Einbeziehung des Menschen eintrat, ordnete in den späten sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts die Gruppe der Insektivoren nach damals neuen systematischen Erkenntnissen. Er unterschied zwischen den Lipotyphla (typischen Insektivoren) und den Menotyphla, zu denen er u.a. die Tupaia rechnet, die einen Blinddarm besitzen, welcher den echten Insektenfressern, wie z.B. den Igel, fehlt.

Die Tupaia wären sicher den meisten Menschen unbekannt geblieben, hätte nicht W. E. LeGros-Clark in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts sich intensiv mit dem Schädel, dem Gehirn und dem Bewegungsapparat der Tiere befaßt. Aus den Ergebnissen seiner anatomischen Studien folgerte er, daß Tupaia entwicklungsbiologisch als primitive Vertreter der Primaten betrachtet werden können und damit ein Modell für die Entwicklung der Gruppe der Säugetiere darstellen, aus der schließlich der Mensch entstand. In den folgenden Jahren beschäftigten sich verschiedene Forscher mit den anatomischen Ähnlichkeiten zwischen Tupaia und Primaten. Diese Ergebnisse flossen dann in die von dem Anatomen G. G. Simpson 1945 veröffentlichte Systematik der Säugetiere ein. Hier wurden die Tupaia als primitivste Vertreter in die Ordnung "Primaten" aufgenommen.

Fortpflanzung

Über viele Jahrzehnte konzentrierten sich die vergleichenden Arbeiten über Tupaia und Primaten auf die Erfassung anatomischer Merkmale, während physiologische oder verhaltensbiologische Untersuchungen fehlten. Sollten Tupaia jedoch mit den Primaten verwandt sein, so wären auch Übereinstimmungen im Verhalten zu erwarten.

Diese Frage untersuchte Mitte der sechziger Jahre der englische Zoologe R. D. Martin im Rahmen seiner Doktorarbeit bei Konrad Lorenz in Seewiesen. Die damals noch junge Wissenschaft der Ethologie lieferte erste Zweifel an der Verwandtschaftstheorie. Besonders das Verhalten der Tupaia-Mütter gegenüber ihren Jungen gab zu Bedenken Anlaß. Zwar bereiten die Mütter vor der Geburt der Jungen ein Nest vor, doch kümmern sie sich nach der Geburt kaum mehr um sie. Über ungefähr einen Monat suchen sie nur etwa alle zwei Tage ihren Nachwuchs für etwa 5 bis 10 Minuten zum Säugen auf. Diese langen Zeitintervalle können die jungen Tupaia nur dank der äußerst fetthaltigen und damit energiereichen Muttermilch überbrücken. Mit 25% Fettgehalt unterscheidet sich ihre Milch in der Zusammensetzung deutlich von derjenigen höherer Primaten, die im Mittel etwa 3% Fett enthält. Auch sonst weicht das Verhalten der Tupaia-Eltern gegenüber den Jungtieren stark von dem der Primaten ab. Die Väter kümmern sich überhaupt nicht um die Jungen und unterscheiden sich damit nicht viel von den Müttern, welche den nackt, blind und taub geborenen Nachwuchs weder säubern, noch wärmen, noch verteidigen.

Diese Ergebnisse sowie der Befund, daß Tupaia eine ausgesprochen kurze Tragzeit haben, und folglich wenig entwickelte Junge gebären, zeigten, daß sie unter den Säugetieren extreme Minimalisten der elterlichen Fürsorge sind.

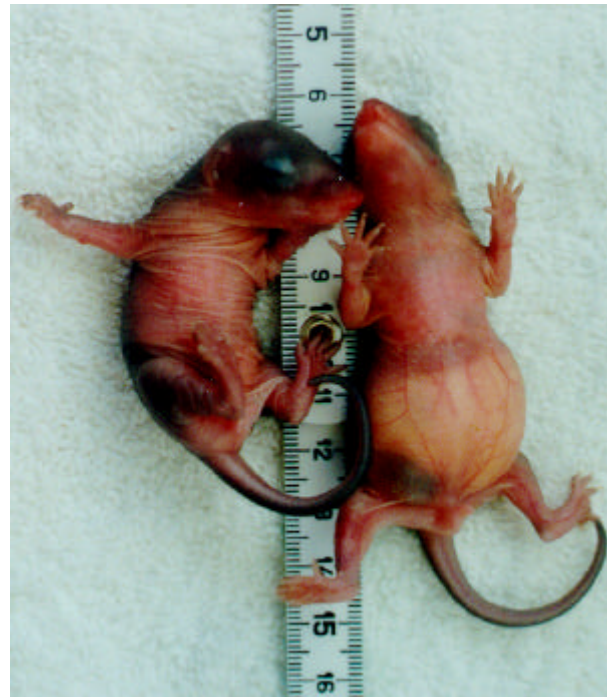


Abb. 3: Junge Tupaia, 3 Tage alt, links vor dem Säugen, rechts gesäugt. Man achte auf den mit Milch prall gefüllten Magen.

Im Gegensatz dazu investieren die meisten Primaten sehr viel Energie und Zeit in die Aufzucht ihrer Jungen. Bei ihnen werden die Nachkommen intensiv - teilweise von beiden Eltern und von anderen Familienmitgliedern - über einen längeren Zeitraum behütet und umsorgt.

Zur Frage der Stellung in der Systematik der Säugetiere

Die Frage der phylogenetischen Beziehungen zwischen Tupaia und Primaten war in den letzten fast einhundert Jahren ein zentraler Diskussionspunkt auf dem Forschungsgebiet der Entwicklungsbiologie der Primaten. Auch noch in den letzten Jahren haben einige Autoren die Tupaia der Gruppe der Primaten zugeordnet, während andere Tupaia und Primaten getrennt betrachteten. Doch trotz dieser Unterschiede scheinen alle Autoren darin übereinzustimmen, daß Tupaia weder Insektivoren noch Primaten sind. Sie gehören offenbar in eine nicht exakt definierbare Zone, die als „Insektivoren-



Abb. 4: Junger Tupaia, 24 Tage alt

Primaten-Übergangsbereich“ bezeichnet werden kann.

Nach dem gegenwärtigen Stand der Forschung befinden sich Tupaia offenbar zwischen den ursprünglichen plazentalen Säugetieren und den Primaten, d.h. man kann sie als die ersten Repräsentanten der Primaten, aber auch als die letzte Entwicklungsstufe vor den Primaten betrachten. Außerdem ist denkbar, daß die heutigen Tupaia Vertreter der einfachsten plazentalen Säugetiere sind, aus denen sich alle uns heute bekannten Säugetierformen entwickelt haben.

Beide Betrachtungsweisen sind möglich, doch ist Vorsicht geboten, wenn stammesgeschichtliche Entwicklungswege, die viele Millionen Jahre zurückliegen, aufgrund einer relativ kleinen Zahl von Merkmalen geklärt werden sollen. Denn die Tupaia sind im Laufe der Evolution nicht „stehengeblieben“, wie einige „lebende Fossilien“ (z.B. die Brückenechse *Sphenodon punctatus*), sondern haben sich, ebenso wie die Primaten, weiter entwickelt.

In den letzten Jahren erschien die systematische Einordnung innerhalb der Gruppe der Primaten jedoch auf Grund der genannten Befunde - wie z.B. des Verhaltens der Elterntiere - immer zweifelhafter. Deshalb werden die Tupaia heute

als eigene systematische Ordnung *Scandentia* gleichberechtigt neben Insektivoren und Primaten geführt.

Gerade aufgrund ihrer aktuellen systematischen Einordnung sollten Tupaia an einem Institut, in dem mit Primaten gearbeitet wird, nicht fehlen, denn genauere Kenntnisse ihrer anatomischen und physiologischen Merkmale, und ihres Verhaltens liefern Grundlagen für das Verständnis der Entwicklungsbiologie der Primaten.

Tupaia am DPZ

Im Dezember 1983 hatte das DPZ eine Gruppe von 18 männlichen und 23 weiblichen *Tupaia belangeri* vom Zoologischen Institut der Universität München erworben. Etwa ein Jahr später, im Januar 1985, übernahm die Arbeitsgruppe Fuchs die Haltung der Tupaia. Um für Untersuchungen ausschließlich Tiere aus der eigenen Zucht einsetzen zu können, wurde das Zucht- und Haltungskonzept mit Erfolg neu gestaltet. In den vergangenen Jahren besaß das DPZ einen konstanten Bestand von etwa 140 *Tupaia belangeri*. Damit hat das Institut weltweit eine der erfolgreichsten Zuchten und eine der größten Haltungen dieser Tiere. Anderen Instituten in Deutschland und Europa wurden Tupaia für Forschungsvorhaben sowie zum Aufbau eigener Zuchtgruppen zur Verfügung gestellt.

Haltung, Zucht und Ernährung

Tupaia werden im DPZ unter Bedingungen gehalten, die den klimatischen Verhältnissen ihrer südostasiatischen Heimat entsprechen. In den Haltungsräumen des Tierhauses beträgt die Temperatur 27°C, die Luftfeuchte ca. 60%, und pro Stunde wird die gesamte Raumluft mindestens zehnmal ausgetauscht. Die Tiere leben in einem Hell-Dunkel-Wechsel von 12:12 Stunden, wobei die

Lichtphase (= Aktivitätsphase) um 8.00 Uhr beginnt.

Bei der Zucht müssen die individuellen Charaktereigenschaften der Tiere berücksichtigt werden. Wie der Zoologe D. von Holst zeigen konnte, besteht zwischen männlichen und weiblichen Tupaia eine auf individueller Zuneigung beruhende Paarbindung. Wegen dieser Eigenschaft, die wir eigentlich nur uns Menschen zugestehen wollen, ist es teilweise sehr zeit- und arbeitsaufwendig, geeignete und damit letztlich auch erfolgreich züchtende Tiere zu finden. Daher halten wir harmonisierende Paare dauerhaft zusammen. Zu nicht fest verpaarten und daher einzeln gehaltenen Weibchen wird dagegen nur für einige Stunden ein ihm vertrautes Männchen zugesetzt.

Tupaia belangeri hat eine Tragzeit von etwa 41 Tagen. Wenige Tage vor der Geburt legt das Weibchen ihren Schlafkasten mit Nistmaterial aus. Die Geburt der im Mittel zwei bis drei Jungtiere erfolgt meist in den frühen Morgenstunden. Tupaia-Mütter haben einen postpartum Östrus, d.h. eine Ovulation direkt nach der Geburt ihrer Jungen. Daher können Weibchen, die ständig mit einem Männchen zusammenleben, etwa alle 41 Tage Junge gebären.

Um die in den ersten Lebenstagen häufig beobachteten Übergriffe auf Neugeborene zu unterbinden, werden in unserer Zucht die Jungtiere nach der Geburt von Eltern und älteren Geschwistern getrennt. Nur die Mutter erhält alle 24 Stunden zum Säugen für kurze Zeit Zugang zum Wurfnest. Säugt eine Mutter ihre Jungen unzureichend, so können sie auch von einer Amme ernährt werden. Um den Jungtieren in den ersten Tagen ihres Lebens die Stabilisierung ihrer Körpertemperatur zu erleichtern, werden Heizkissen (27°C) unter den Wurfkästen angebracht.

Zwei bis drei Tage nach der Geburt tritt bei den nackt, blind und taub gebo-

renen Jungtieren eine dunkle Pigmentierung der Haut auf, die ersten Haare bilden sich. Nach einer Woche besitzen die Tiere ein dunkelbraunes, grünlich schimmerndes Fell, und mit etwa drei Wochen öffnen sie ihre Augen. Ab diesem Zeitpunkt werden sie nicht mehr von den Eltern und Geschwistern separiert. Junge Tupaia verlassen das Nest mit etwa 30 Tagen und werden dann noch für etwa eine Woche gesäugt.

Die sozialen Interaktionen zwischen Jungtieren und Eltern beschränken sich - mit Ausnahme des Säugens - auf gegenseitiges Belecken der Schnauze und gemeinsames, hautnahes Ruhen. Mit etwas mehr als drei Monaten sind die Tiere geschlechtsreif und werden dann von den Eltern getrennt. Ab einem Alter von sechs Monaten können Tiere verpaart werden.

Wegen ihres ausgeprägten Territorialverhaltens ist es nicht möglich, adulte männliche oder weibliche Tupaia in gleichgeschlechtlichen Gruppen zu halten. Sie müssen daher in Einzelkäfigen untergebracht werden, die zusätzlich voneinander durch Sichtblenden getrennt sind. Aus hygienischen Gründen verwenden wir generell Edelstahlkäfige, die alle ähnlich eingerichtet sind: Zum



Abb. 5: Tupaia setzen bei der Nahrungsaufnahme sehr geschickt die vorderen Extremitäten ein.

Klettern und Ruhen dienen diagonale und horizontale Äste; der hölzerne Schlafkasten und die Wasserflasche sind an der Käfigaußenseite angebracht. Kot, Urin und Futterreste werden auf Papierbahnen oder Sägespänen unter den Käfigen aufgefangen.

Um den Tieren die für sie wichtige geruchliche Umwelt zu erhalten und um Störungen so kurz wie möglich zu halten, werden zwar die Papierbahnen in den Haltungsräumen täglich gewechselt, die Käfige selber aber nur einmal wöchentlich gesäubert. Das Futter besteht neben einer speziell für Tupaia hergestellten standardisierten Fertignahrung („Pellets“) aus Obst, Gemüse, Brei, Vitamin-saft und Quark. Zusätzlich steht den Tieren ständig frisches Wasser in Trinkflaschen zur Verfügung.

Alle Tiere werden regelmäßig gewogen. Gewichtsveränderungen geben Auskunft über den Verlauf von Schwangerschaften, die Entwicklung von Jungtieren und über den Allgemeinzustand von adulten Tieren. Außerdem werden die Tiere beim Wiegen auch an den direkten Kontakt mit dem Menschen gewöhnt.

Bedeutung für die Forschung

Tupaia sind für verschiedene Bereiche der biologischen Grundlagenforschung von großem Wert. In den vergangenen Jahren sind z.B. zahlreiche Erkenntnisse über Sehvorgänge und ihre Steuerung im Gehirn an diesen Tieren gewonnen worden. Auch in der Hepatitis-Forschung sind sie bisher durch keine andere Art ersetzbar, da sie - wie der Mensch auch - von Hepatitis-Viren infiziert werden können. Vor allem aber ist in den letzten Jahren deutlich geworden, daß die Forschung an Tupaia wichtige Ergebnisse über zentralnervöse Mechanismen liefern kann, die zu Depressionen führen. Dies beruht auf dem charakteristischen

Verhalten männlicher Tupaia: Wie D. v. Holst in Bayreuth bereits in den 70er Jahren zeigte, kommt es zwischen zwei Männchen, die man in einem gemeinsamen Käfig hält, innerhalb kurzer Zeit zur Ausbildung eines stabilen dauerhaften Dominanz/Subordinanz-Verhältnisses, in dem das subordinate Tier psychosozial belastet ist.

Wir haben im DPZ die Untersuchungen *der Konsequenzen dieser chronischen psychosozialen Belastung* fortgesetzt und dabei weiterführende Einblicke in die physiologischen Vorgänge gewonnen, welche chronische Belastungen begleiten. Wir konnten zeigen, daß sich als charakteristische Folge chronischer psychosozialer Belastung bei subordinaten Tupaia ein *depressives Syndrom* mit Gewichtsverlust, Schlafstörungen, verminderter motorischer Aktivität und anderen charakteristischen Symptomen ausgebildet. Gestützt werden diese Befunde durch etho-pharmakologische Arbeiten, in denen wir zeigen konnten, daß es sich dabei nicht um einen subjektiven Eindruck aus anthropomorpher Sicht handelt: Wenn subordinate Tupaia mit Substanzen behandelt werden, die auch zur Therapie depressiver Symptome an Patienten in der Humanmedizin eingesetzt werden, tritt eine Normalisierung des Verhaltens und einer Reihe neuroendokriner Funktionen ein.

In einem folgenden Beitrag in dieser Informationsreihe werden wir über unsere Untersuchungen an Tupaia berichten.

Die Photos stammen von Frauke Ohl. Die Abb. 2 wurde der Arbeit von M. W. jr. Lyon "Tree shrews. An account of the mammalian family Tupaiidae", Proc. U.S. Nat. Mus. 45: 1-188, 1913, entnommen.