

1 Einleitung

Die alveoläre Echinokokkose (AE) wird durch das Larvenstadium des Fuchsbandwurmes *Echinococcus multilocularis* verursacht und ist seit Jahrzehnten hinsichtlich der entsprechenden Zoonoserisiken und der Übertragungswege auf den Menschen in der Diskussion (KIMMIG u. SCHELLING 1991; ECKERT 1996, 1997, 1998; ECKERT u. DEPLAZES 1999; ECKERT et al. 2001 b).

Nach dem Auftreten spontaner Erkrankungsfälle in der Bartaffenkolonie (*Macaca silenus*) des Deutschen Primatenzentrums (BLANKENBURG et al. 2001, 2002) bot sich die Möglichkeit, grundlegende Untersuchungen zu diesem Krankheitsgeschehen in einer dem Menschen nahe stehenden Spezies durchzuführen. Dabei sollten in einem ersten Schritt die entsprechenden Veränderungen umfassend morphologisch charakterisiert werden, um diese mit den bekannten Veränderungen beim Menschen zu vergleichen. Gleichzeitig bestand bei zwei Tieren die Gelegenheit, entsprechende klinische Diagnostikverfahren bei nicht menschlichen Primaten in ihrer Aussagefähigkeit zu überprüfen.

Da mehrere Bartaffen aus den Außengehegebereichen des Deutschen Primatenzentrums von der Echinokokkose betroffen waren, stellte sich die Frage, ob Bartaffen möglicherweise eine besondere genetisch determinierte Empfänglichkeit für die Infektion mit dem Fuchsbandwurm besitzen. Da kaum Informationen zum Genom bei dieser vom Aussterben bedrohten Spezies vorliegen, sollte ein weiteres Ziel dieser Arbeit darin liegen, einen Bereich des Genoms näher zu charakterisieren, der bei anderen Infektionskrankheiten in Hinblick auf Krankheitsverläufe und Empfänglichkeit involviert ist (HILL 1998). Daher wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit erste Schritte unternommen, den MHC bei Bartaffen zu analysieren (BLANKENBURG et al. 2003).

Die vorliegende Dissertation dient daher zwei Zielen. Zum einen sollte das Krankheitsbild der alveolären Echinokokkose bei Bartaffen umfassend morphologisch und klinisch untersucht und mit dem humanen Krankheitsbild verglichen werden. Zum anderen sollte ein Beitrag zur genetischen Charakterisierung des MHC bei dieser vom Aussterben bedrohten Art geliefert

werden, um möglicherweise, davon ausgehend in weiteren Untersuchungen, Hinweise auf die unterschiedliche Empfänglichkeit gegenüber dieser invasiven Infektionskrankheit bei Bartaffen zu finden.



Abb. 1:

Bartaffe aus der Kolonie des Deutschen Primatenzentrums

2 Literaturübersicht

2.1 Bartaffen (*Macaca silenus*)

2.1.1 Systematik

Die Ordnung der Primaten beinhaltet die Unterordnungen der Halbaffen mit Nasenspiegel (*Strepsirrhini*) und der Herrentiere ohne Nasenspiegel (*Haplorrhini*). In Letzterer sind die Teilordnungen der Neuweltaffen (*Platyrrhini*) und Altweltaffen (*Catarrhini*) zu finden (GRZIMEK 1988a; SHOSHANI et al. 1996). Bartaffen (*Macaca silenus*), auch Wanderus genannt, sind Altweltaffen. Sie gehören zur Überfamilie der geschwänzten Altweltaffen (*Cercopithecoidea*) und zur Familie der Meerkatzenverwandten (*Cercopithecidae*). Zusammen mit acht weiteren Gattungen zählt der Bartaffe (*Macaca silenus*) zur Unterfamilie der Meerkatzenartigen (*Cercopithecinae*). Zur Gattung der Makaken (*Macaca* - *M.*) gehören zahlreiche Arten, die sich aber in ihren Körpermerkmalen oft sehr unterscheiden. Am auffälligsten ist hierbei die Schwanzlänge. Während der Javaneraffe (*M. fascicularis*) einen Schwanz besitzt, der länger als sein Körper ist, besitzt zum Beispiel der Berberaffe (*M. sylvanus*) keinen oder einen stark zurückgebildeten Schwanz. Mit Ausnahme des Berberaffen, welcher im nordwestafrikanischen Atlasgebirge lebt, sind alle anderen Makakenarten im südostasiatischen Raum beheimatet. Die Makaken haben sich nach dem Menschen von allen Primaten am besten an die unterschiedlichsten Umweltbedingungen angepasst (GRZIMEK 1988a). Einige Arten leben in tropischen Regenwäldern, andere in trockenen Baumsavannen oder im Gebirge. Es gibt Makaken, die weitgehend am Boden leben, wie zum Beispiel der Rhesusaffe (*M. mulatta*), der Rundgesichtsmakak (*M. cyclopis*) und der Bergrhesus oder Assammakak (*M. assamensis*). Andere leben auf Bäumen, wie zum Beispiel auch der Bartaffe (*M. silenus*) und wieder andere sind an eine schneebedeckte Landschaft gewöhnt, wie der Rotgesichtsmakak (*M. fuscata*).

2.1.2 Vorkommen und Lebensweise

Bartaffen oder Wanderus (*M. silenus*) gehören zu den am stärksten vom Aussterben bedrohten Primatenarten (GRZIMEK 1988a; KAUMANNNS et al. 2000). Sie leben in den feuchten, immergrünen tropischen Bergwäldern der Westghats im Südwesten Indiens. Sie haben von allen Makakenarten eines der kleinsten Verbreitungsgebiete und sind deshalb besonders gefährdet. Die Westghats sind eine Gebirgskette in Südindien, die über eine Strecke von 1400 km von Bombay bis zur Südspitze der indischen Halbinsel verläuft und eine Fläche von 61000 km² umfasst. Durch die starken Niederschläge während der Monsunregen kam es zur Ausbildung des tropischen immergrünen Regenwaldes, welcher sich auf ein schmales Band an der Westseite der Western Ghats in einer Höhe zwischen 460 und 1370 m beschränkt. Dieses Gebiet weist eine besonders große biologische Vielfalt auf. Viele Arten sind hier endemisch verbreitet, kommen also nur hier vor. Dazu zählen neben den Bartaffen Säugetierarten, wie die Nilgiri-Languren (*Presbytis johnii*), die Malabarzibetkatzen (*Paradoxurus jerdoni*), 16 Vogelarten und einige Reptilien- und Amphibienarten. Die immer weiter fortschreitende Besiedlung, aber auch Holzwirtschaft und Plantagenanbau, haben einen großen Einfluss auf die Einengung und Fragmentierung des Lebensraumes (KAUMANNNS et al. 2000). Bartaffen wurden früher stark wegen ihres Pelzes und auch ihres Fleisches bejagt (GRZIMEK 1988a). Dieser Faktor hat wohl neben dem begrenzten Lebensraum einen starken Einfluss auf die Populationsgröße. Die Gesamtzahl an freilebenden Bartaffen liegt heute zwischen 2000 bis 3500 Individuen (KAUMANNNS et al. 2000).

Bartaffen haben ein glänzendes schwarzes Fell und einen abstehenden silberweißen Mähnenkranz. Das Gesicht ist, außer bei Jungtieren, schwarz (GRZIMEK 1988a). Die Geschlechter sind gleich gefärbt; sie unterscheiden sich jedoch in Größe und Gewicht. Während die Männchen bis zu 13 kg wiegen können und eine Körperlänge zwischen 45 und 61 cm aufweisen, werden die Weibchen bis zu 8 kg schwer und sind zwischen 40 und 45 cm lang. Der Schwanz hat eine Länge von 24 bis 38 cm und weist am Ende ein schwarzes Haarbüschel auf.

Bartaffen sind baumbewohnende Makaken, die nur selten den Boden aufsuchen. Nur die Futtersuche bringt sie dazu, von den bis zu 30 m hohen Baumriesen auf den Boden herabzusteigen. Sie sind sehr scheu und flüchten bei der geringsten Störung wieder in die Bäume. Bartaffen sind gute Schwimmer (ROWE 1996).

Zum Nahrungsspektrum der Bartaffen zählen sowohl pflanzliche als auch tierische Nahrungsquellen. Sie fangen Insekten, kleinere Reptilien, aber auch Kleinsäuger. Weiterhin zählen Baumpilze, Vogeleier und Honigwaben zum Speiseplan. Zum pflanzlichen Nahrungsspektrum gehören mehr als 100 Pflanzenspezies. Sie fressen Feigen sowie Früchte und Blüten des *Cullenia*-Baumes (*Cullenia excelsa*). Um die Früchte dieses Baumes fressen zu können, benötigen die Tiere ein hohes Geschick, da sie sehr stachelig sind. Dieses Geschick zeigt sich auch beim Erwerb und Verzehr von tierischer Nahrung. So gehören Bartaffen zu den wenigen Primaten, bei denen im Freiland Werkzeuggebrauch nachgewiesen wurde. Zum Beispiel befreien sie Raupen vor dem Fressen mit Hilfe von Blättern und "Rubbelbewegungen" von den unangenehmen Nesselhaaren (GRZIMEK 1988a; HOHMANN 1988; KAUMANNNS et al. 2000). Es wird angenommen, dass die Streifgebiete von Bartaffen vor allem vom Nahrungsangebot bestimmt werden. Diese Streifgebiete können zwischen 100 und 500 ha groß sein (KAUMANNNS et al. 2000).

Bartaffen leben in Gruppen von 10 bis 20 Tieren. Diese Gruppen umfassen zeitweise bis zu vier erwachsene Männchen und dauerhaft mehrere erwachsene Weibchen und Kinder. Häufiger sind jedoch Gruppen mit nur einem erwachsenen Männchen. Die Männchen haben eine mobilere Stellung in der Gruppe und gelten als eine Art "Wächter". Hierbei verfolgen sie die Aktivitäten von anderen Gruppen, beschützen ihre Weibchen und führen ihre Gruppe, wenn nötig, weg. Ein für Bartaffenmännchen typisches Verhaltensmerkmal ist der laute Ruf, den das führende Männchen erschallen lässt. Dieses Merkmal unterscheidet den Bartaffen von den anderen Makaken. Der Ruf wird zum Beispiel ausgestoßen, wenn sich die Gruppe in Bewegung setzt oder dient dazu, anderen Gruppen die Anwesenheit der eigenen Gruppe anzuzeigen (GRZIMEK 1988a; ROWE 1996). Weibchen gelten als die "Stabilisatoren" einer Gruppe. Sie halten die Gruppe durch enge soziale Beziehungen untereinander zusammen (matriarchalische Struktur). Konkurrenz zwischen den Weibchen entsteht, wenn mehrere

Weibchen brünstig sind, denn dann sucht jedes den Zugang zu den wenigen Männchen (KAUMANNNS et al. 2000).

Die Streifgebiete der Bartaffengruppen können sich überschneiden. Gruppenbegegnungen können aggressiv, freundlich oder neutral ablaufen. Das tägliche Zusammenleben verläuft normalerweise spannungsarm mit wenigen Kontakten zwischen den Tieren. In einer Mehrmännchengruppe hält sich ein Männchen meist in der Nähe der Weibchen auf, während die anderen eine eher randständige Position, sowohl auf räumlicher, als auch auf sozialer Ebene, einnehmen. Sie beobachten hauptsächlich die Aktivitäten anderer Gruppen, wodurch sie sich oft auch außer Sichtweite der Weibchen aufhalten. Erst wenn die Weibchen brünstig werden, verringert sich diese Distanz und Interaktionen werden häufiger. Hierbei können die Männchen den Weibchen stunden- bis tagelang folgen. Die Brunst der Weibchen ist gekennzeichnet durch eine Genitalschwellung sowie durch den „Kopulationsruf“ der Weibchen. Die Genitalschwellung dehnt sich breit und hoch aus und umwächst auch die Schwanzwurzel nierenförmig. Bartaffen sind die einzigen Makaken mit Kopulationsrufen bei Männchen und Weibchen (ROWE 1996). In der Regel führen bei Bartaffen nur wenige Kopulationsakte direkt zur Ejakulation, jedoch steigt die Zahl der Kopulationsakte mit Ejakulation, wenn die Weibchen den höchsten Genitalschwellungsgrad erreicht haben (KAUMANNNS et al. 2000).

Neugeborene Bartaffen wiegen zwischen 350g und 750g. Die Tragzeit beträgt ca. 162-186 Tage, und normalerweise kommt pro Geburt nur ein Jungtier zur Welt. Die Mütter tragen das Kind während der ersten Lebenswochen ausschließlich unter dem Bauch. Mit frühestens acht Wochen reiten sie auch gelegentlich auf deren Rücken. In einem Alter von 6-12 Monaten werden die Jungtiere entwöhnt und erlangen die Geschlechtsreife mit 2,5-4 Jahren. Die Abstände zwischen den Geburten eines Weibchens liegen durchschnittlich bei 2,8 Jahren, wobei freilebende Weibchen ihr erstes Kind frühestens mit sechs Jahren gebären. Dies lässt nur eine Produktion von wenigen Kindern pro Lebenszeit zu, weshalb eine Verminderung der Population durch Jagd, Holzeinschlag und Plantagenwirtschaft nicht kurzfristig ausgeglichen werden kann (KAUMANNNS et al. 1998; KAUMANNNS et al. 2000). Bartaffen können in der Wildnis bis zu 20 Jahre alt werden.

2.1.3 Haltung in der Obhut des Menschen

Da Bartaffen zu den am stärksten bedrohten Primatenarten gehören, stellen die in Obhut des Menschen gehaltenen Vertreter dieser Art eine wichtige Genreserve dar, dienen aber auch als Modell für naturschutzrelevante Forschung (KAUMANNNS et al. 1998; KAUMANNNS et al. 2000; KAUMANNNS et al. 2001).

Seit dem 20. Jahrhundert wurden weltweit ca. 1500 Bartaffen gehalten, wobei es sich bis in die fünfziger Jahre fast ausschließlich um Wildfänge handelte. Die Zucht war meist wenig erfolgreich. Erst ab 1960 gelang die Zucht besser, und es entstammten mehr Bartaffen aus der Zucht durch Menschenhand. Zwar hat sich die Zahl der erfolgreich aufgezogenen Bartaffen seitdem stark vergrößert, sie ist jedoch immer noch unbefriedigend. Hohe Kindersterblichkeit sowie ein Rückgang der Produktivität sind hierfür die Ursachen (KAUMANNNS et al. 2000; KAUMANNNS et al. 2001). Zoos spielen eine wichtige Rolle beim Schutz der Bartaffen in ihrem natürlichen Lebensraum und auch außerhalb davon. Von amerikanischen Zoos wurden die ersten internationalen „Bartaffenkonferenzen“ organisiert. Sie erarbeiteten auch ein internationales Zuchtbuch und gründeten 1985 den „Species Survival Plan“ (SSP) für speziell in den USA und Kanada gehaltene Bartaffen. Im internationalen Zuchtbuch waren 1997 575 Bartaffen verzeichnet; hiervon 277 Männchen, 262 Weibchen und 36 Tiere mit unbestimmtem Geschlecht (GLEDHILL 1997). Diese Tiere wurden überwiegend in Zoos gehalten, das heißt von 105 Institutionen waren 103 Zoologische Gärten. Die einzelnen Gruppen der in Menschenobhut gehaltenen Bartaffen umfassen durchschnittlich sechs Tiere (KAUMANNNS et al. 2000). Einzelne Einrichtungen haben auch Gruppen mit mehr als zehn Individuen. Die amerikanische Bartaffenpopulation umfasste 1997 240 Tiere, die europäische zählte, soweit zu ermitteln, 1994 147 Individuen in 25 Einrichtungen (WILDE et al. 1994). Die restlichen Bartaffen verteilten sich auf indische, japanische, chinesische und australische Zoos.

1989 gründeten auch europäische Zoos ein dem SSP entsprechendes Programm für die in Europa gehaltenen Bartaffen. Das Europäische Erhaltungszuchtprogramm (EEP) dient allgemein dazu, die Zucht von den vom Aussterben bedrohten Tierarten grenzüberschreitend