

## **6. Zusammenfassung:**

In der vorliegenden Arbeit wurde der Schultergürtel von sieben Arten der Chiroptera untersucht, von denen drei Arten (*Rousettus aegyptiacus*, *Rousettus amplexicaudatus* und *Eonycteris spelaea*) der Unterordnung Megachiroptera zugeordnet werden, während die übrigen vier Arten (*Mormoops megalophylla*, *Molossus molossus*, *Rhinopoma hardwickei* und *Rhinopoma microphyllum*) zur Unterordnung Microchiroptera gehören.

Es wurden Mikrotomquerschnitte der Schulterregion aller genannten Arten hergestellt, mit Ausnahme des Schultergelenkes von *Rousettus aegyptiacus*, welches sich aufgrund seiner Größe nicht für diese Methode eignet. Die angefertigten Mikrotomschnitte wurden gefärbt und zur Untersuchung unter dem Mikroskop betrachtet. Mit Hilfe des Computerprogramms Studio 9.5. der Firma Alias I Wavefront wurde aus den gefärbten Mikrotomschnitten eine dreidimensionale Rekonstruktion der Schultergelenke von *Rhinopoma hardwickei* und *Rousettus amplexicaudatus* durchgeführt, welche anschließend so animiert wurde, dass die Bewegung der Knochen im Flug simuliert wird.

Bisher waren von den Chiroptera zwei Spezialisationsformen des Schultergelenkes bekannt, welche in dieser Arbeit durch *Mormoops megalophylla* und *Molossus molossus* repräsentiert werden. Die Mehrheit der hier untersuchten Arten verfügt jedoch über einen als unspezialisiert bezeichneten Typ des Schultergelenkes, der bisher im Zusammenhang mit biomechanischen Problemen, die während des Fluges auftreten, noch nicht erschöpfend betrachtet worden ist.

Alle fliegenden Wirbeltiere müssen einer Einwärtsdrehung des Flügels während der Flügelabschlagsphase entgegenwirken, welche die aerodynamische Qualität des Flügels negativ beeinflusst. Während des Fluges wirken jedoch unvermeidliche Kräfte auf ein fliegendes Tier ein, die zu einer Pronation des Humerus im Schultergelenk führen. Daher sind alle fliegenden Vertebraten gezwungen, ihren Oberarm im Schultergelenk gegen unphysiologische Pronation zu sichern.

Bei den Microchiroptera sind bisher zwei Mechanismen beschrieben worden, welche die passive Pronation im Schultergelenk einschränken. Der eine Mechanismus beruht auf ovoiden Gelenkflächen im Schultergelenk, die eine Einwärtsrotation bei abduziertem Humerus unmöglich machen.

Der andere Mechanismus arbeitet über eine sekundäre Gelenkfläche, die sich auf der Dorsalseite der Scapula befindet. Bei abduziertem Humerus artikuliert das bei diesen Formen stark vergrößerte Tuberculum majus der proximalen Humerusepiphyse mit dieser zusätzlichen Gelenkfläche. Hierdurch wird bei den Arten,

welche über diesen Schultergelenkstyp verfügen, der Humerus gegen passive Pronation im Schultergelenk gesichert.

Die Mehrzahl der in dieser Arbeit untersuchten Arten (Megachiroptera und Rhinopomatidae) zeigt eine Schultergelenksform, die bisher als einfach und unspezialisiert beschrieben wurde. Eine nähere Betrachtung der Schultergelenke der Rhinopomatidae und der Megachiroptera führte jedoch zu einem anderen Ergebnis. Diese Formen zeigen an ihrer proximalen Humerusepiphyse ein auffällig vergrößertes Tuberculum minus, das durch eine tiefe Einbuchtung vom Caput humeri abgesetzt ist. Diese Einschnürung ist von Gelenkknorpel überzogen. Als weitere Auffälligkeit lässt sich am Schultergürtel der Rhinopomatidae und der Megachiroptera ein kräftig entwickeltes Labrum glenoidale an der Cavitas glenoidalis beschreiben, welches besonders auf der Ventralseite stark ausgebildet ist.

Durch die Simulation der Bewegungen der Knochen im Flug konnte diesen Baueigentümlichkeiten des Schultergelenkes der Rhinopomatidae und der Megachiroptera eine funktionelle Bedeutung zugemessen werden, die mit der Hemmung der Pronation im Zusammenhang steht, die bislang nicht bekannt war.

Bei abduzierter Stellung des Humerus im Schultergelenk während der Flügelabschlagsphase erlangt die mit Gelenkknorpel bedeckte Innenfläche des vergrößerten Tuberculum minus nach geringer Einwärtsdrehung Kontakt mit der Außenseite des ventrocaudalen Abschnittes der Cavitas glenoidalis und des Labrum glenoidale. Hierdurch wird einer weiteren Pronation des Humerus im Schultergelenk Einhalt geboten.

Interessanterweise wurde auch bei den Formen, die über ein spezialisiertes Schultergelenk mit eiförmigen Gelenkflächen verfügen, ein auffällig vergrößertes Tuberculum minus gefunden, dessen Innenfläche ebenfalls mit Gelenkknorpel überzogen ist. Ebenso zeigen diese Formen ein kräftig ausgebildetes Labrum glenoidale im ventralen Bereich der Cavitas glenoidalis. Wie bei den Rhinopomatidae und den Megachiroptera beschrieben, artikuliert auch bei *Mormoops megalophylla*, einer hier untersuchten Art mit ovoid geformten Gelenkflächen, die Innenfläche des Tuberculum minus mit der Außenseite der Cavitas glenoidalis und des Labrum glenoidale, wenn der Humerus in der Flügelabschlagsphase abduziert wird. Die eiförmige Gestaltung der Gelenkflächen bei *Mormoops megalophylla* scheint gewissermaßen eine Weiterentwicklung des Hemmungsmechanismus gegen passive Pronation, wie man ihn bei den Rhinopomatidae und den Megachiroptera findet, zu sein. Da *Mormoops megalophylla* zu einem im Vergleich zu den Rhinopomatidae und den Megachiroptera schnellen und wendigen Flug befähigt ist, kann man davon

ausgehen, dass die Weiterentwicklung dieses Hemmungsmechanismus zu einer leistungsfähigeren Pronationssicherung führte, welche sich deshalb in drei der vier Überfamilien der Microchiroptera entwickelte.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Schultergelenke der Megachiroptera und der Rhinopomatidae keineswegs als unspezialisiert zu bezeichnen sind. Diese Formen verfügen wie alle anderen fliegenden Wirbeltiere über einen wirkungsvollen Mechanismus, der den Humerus im Schultergelenk gegen ungewollte Pronation sichert und somit die aerodynamische Qualität der Flügel während des Flügelabschlages gewährleistet.