

**Hirnveränderungen bei domestizierten  
Landenten (*Anas platyrhynchos* f. d.) -  
morphometrische und ethologische  
Untersuchungen**

**Inaugural-Dissertation**

zur

Erlangung des Doktorgrades der  
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Julia Cnotka  
aus Duisburg

Oktober 2006

Aus dem C. & O. Vogt Institut für Hirnforschung  
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Gedruckt mit der Genehmigung der  
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Referent: Prof. Dr. Gerd Rehkämper  
Koreferent: Prof. Dr. Hartmut Greven

Tag der mündlichen Prüfung: 30.11.2006

Meiner Mutter, Daniel und Martin gewidmet

## **Inhaltsverzeichnis**

|           |                                                             |           |
|-----------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>Einleitung</b>                                           | <b>1</b>  |
| 1.1.      | Domestikation, Veränderungen im Hausstand                   | 1         |
| 1.1.1.    | Domestikation der Anseriformes                              | 5         |
| 1.1.1.1.  | Die Hausente ( <i>Anas platyrhynchos</i> f. dom.)           | 7         |
| 1.1.1.2.  | Rassebildung                                                | 8         |
| 1.2.      | Die Rasse Landente mit und ohne Haube                       | 11        |
| 1.3.      | Das Vogelhirn                                               | 14        |
| 1.4.      | Alterationen des (Vogel-) Gehirns im Zuge der Domestikation | 17        |
| 1.5.      | Ziele der Arbeit                                            | 22        |
| <br>      |                                                             |           |
| <b>2.</b> | <b>Material und Methode</b>                                 | <b>24</b> |
| 2.1.      | Rassebeschreibungen der untersuchten Tiere                  | 24        |
| 2.1.1.    | Landenten mit und ohne Haube                                | 24        |
| 2.1.2.    | Hochbrutflugenten mit und ohne Haube                        | 25        |
| 2.1.3.    | Streicherenten                                              | 26        |
| 2.1.4.    | Pommernenten                                                | 27        |
| 2.2.      | Untersuchte Tiere                                           | 28        |
| 2.3.      | Verhaltenstests                                             | 29        |
| 2.3.1.    | Der Umdrehtest und seine Modifikationen                     | 29        |
| 2.3.1.1.  | Bewegungsverhalten unter Stress                             | 31        |
| 2.3.1.2.  | Bewegungsverhalten bei Ausschaltung des visuellen Systems   | 32        |
| 2.3.2.    | Zuchttierselektion aufgrund der Testergebnisse              | 33        |
| 2.3.3.    | Statistik                                                   | 35        |
| 2.4.      | Protokollierung der auffälligen Tiere                       | 35        |

*Hirnveränderungen bei domestizierten Landenten (Anas platyrhynchos f. d.)-  
morphometrische und ethologische Untersuchungen*

-  
*Julia Cnotka*

---

|           |                                                           |           |
|-----------|-----------------------------------------------------------|-----------|
| 2.5.      | Zucht                                                     | 36        |
| 2.5.1.    | Randbedingungen, Infrastruktur                            | 36        |
| 2.5.2.    | Brutparameter                                             | 36        |
| 2.5.3.    | Aufzuchtbedingungen                                       | 37        |
| 2.5.4.    | Untersuchte Parameter                                     | 38        |
| 2.5.5.    | Nichtgeschlüpfte Küken                                    | 38        |
| 2.5.6.    | Statistik                                                 | 38        |
| 2.6.      | Hirnmorphologische Untersuchungen                         | 38        |
| 2.6.1.    | Untersuchte Tiere                                         | 38        |
| 2.6.2.    | Methode                                                   | 39        |
| 2.6.2.1.  | Perfusion                                                 | 39        |
| 2.6.2.2.  | Anfertigung von Schnittserien                             | 40        |
| 2.6.2.3.  | Volumetrische Vermessung des Gehirns                      | 41        |
| 2.6.2.4.  | Auswertung/Statistik                                      | 44        |
| <b>3.</b> | <b>Ergebnisse</b>                                         | <b>46</b> |
| 3.1.      | Verhaltensuntersuchungen                                  | 46        |
| 3.1.1.    | Umdrehtest                                                | 46        |
| 3.1.2.    | Bewegungsverhalten unter Stress                           | 49        |
| 3.1.3.    | Bewegungsverhalten bei Ausschaltung des visuellen Systems | 50        |
| 3.2.      | Auswahl der Tiere für die Zucht                           | 50        |
| 3.3.      | Zucht                                                     | 52        |
| 3.3.1.    | Eianzahl, Befruchtungsrate, Schlupfrate                   | 52        |
| 3.3.2.    | Auffällige Küken                                          | 54        |
| 3.3.3.    | Nichtgeschlüpfte Küken                                    | 56        |
| 3.4.      | Hirnmorphologische Untersuchungen                         | 60        |

*Hirnveränderungen bei domestizierten Landenten (Anas platyrhynchos f. d.)-  
morphometrische und ethologische Untersuchungen*

-  
*Julia Cnotka*

---

|           |                                              |            |
|-----------|----------------------------------------------|------------|
| 3.4.1.    | Hirndaten der untersuchten Tiere             | 67         |
| 3.4.2.    | Übergreifende Ergebnisse                     | 79         |
| <b>4.</b> | <b>Diskussion</b>                            | <b>83</b>  |
| 4.1.      | Verhaltensuntersuchungen, Bewegungsstörungen | 83         |
| 4.2.      | Zucht                                        | 84         |
| 4.2.1.    | Befruchtung- und Schlupfraten                | 84         |
| 4.2.2.    | Nichtgeschlüpfte Küken, Missbildungen        | 88         |
| 4.3.      | Hirnmorphologische Untersuchungen            | 89         |
| 4.3.1.    | Methode, Allometrie                          | 89         |
| 4.3.2.    | Hirnmorphologie, Hirnteilreduktionen         | 91         |
| 4.3.3.    | Hirnzusammensetzung, Clusteranalyse          | 101        |
| 4.4.      | Problematikbezogene Diskussion               | 102        |
| <b>5.</b> | <b>Zusammenfassung</b>                       | <b>110</b> |
| <b>6.</b> | <b>Literaturverzeichnis</b>                  | <b>112</b> |
| <b>7.</b> | <b>Danksagungen</b>                          | <b>128</b> |
| <b>8.</b> | <b>Anhang</b>                                | <b>130</b> |

## **1. Einleitung**

### **1.1. Domestikation, Veränderungen im Hausstand**

„Domestication of animals is a recent event in human history and is defined as that condition wherein the breeding, care and feeding of animals are more or less controlled by man“  
[Hale, 1969].

Betrachtet man die Entwicklungsphase des Menschen, so sind Haustiere erst eine Errungenschaft jüngeren Datums. Als das älteste bekannte domestizierte Tier gilt der Hund, dessen Domestikation sehr wahrscheinlich vor ca. 10.000 Jahren begann [Hemmer, 1983; Clutton-Brock, 1987; Herre und Röhrs, 1990]. Schaf und Ziege gelten als älteste domestizierte Nutztier. Da aus den ersten Anfängen der Haustierwerdung keine schriftlichen Überlieferungen vorliegen, weiß man über die genauen Daten und Hintergründe der ersten Haustiere nur unzureichend Bescheid.

Zu diesem Zeitpunkt traten offenbar tief greifende Veränderungen in der Lebensweise vieler Bevölkerungsgruppen ein. Der Mensch begann sein Nomadentum aufzugeben, sesshaft zu werden, feste Wohnstätten zu bauen und Ackerbau zu betreiben [Diamond, 2002]. Dies stellten wichtige Grundbedingungen für den Beginn der Domestikation wildlebender Tiere dar. Der Mensch begann, verschiedene Tiere im Umfeld seiner Behausung zu ständiger Nutzung zu halten und zu züchten. Vergleichend zu der vorherrschenden Artenfülle wurden nur recht wenige Arten zu Stammarten von Haustieren. Bei den Säugetieren wurden nur ca. 25-30 Arten zu Haustieren, bei den Vögeln sind es ca. 10-15 Arten [Nachtsheim und Stengel, 1977]. Mit der Tierhaltung machte sich der Mensch weitgehend von zufälligen Jagdbeuten unabhängig.

Dabei waren der Nutzen bzw. die Funktionen dieser Tiere mannigfaltig. Haustiere erfüllten und erfüllen auch heute noch die menschlichen Grundbedürfnisse nach Nahrung, Kleidung und Wärme, liefern Rohstoffe für andere Produkte vielfältiger Art, helfen durch Arbeitsleistung, sind mittlerweile in der Forschung weit verbreitet und nehmen einen wichtigen Platz im gesellschaftlichen Leben des Menschen ein [Boice, 1973].

Betrachtet man die zu Haustieren gewordenen Wildtiere, so fällt auf, dass die Stammarten bis auf wenige Ausnahmen wie z. B. die Katze, zumeist ein ausgeprägtes Sozialverhalten zeigen. Dies erleichterte den Anschluss an den Menschen und damit die Zähmung und spätere

Züchtung dieser Tiere. Auch die Eigenschaften, sich in Gefangenschaft und zusätzlich u. U. bei Gemeinschaftshaltung leicht zur Fortpflanzung bringen zu lassen und sich als Jungtier leicht an Menschen gewöhnen zu lassen sind gute Voraussetzungen für eine Domestikation [Hale, 1969]. Auch Frank [1980] hält die Tendenz zur Lenkbarkeit durch den Menschen für unabdingbar in der Domestikation.

Bei der Domestikation greift der Mensch bewusst und gezielt durch fortwährende künstliche Zuchtwahl bzw. züchterische Auslese in die natürliche Selektion bei seinen Tieren ein und schafft so eine Reihe von Veränderungen und Abwandlungen. Dadurch entsteht eine bunte Vielfalt an Erscheinungsbildern und auch genetischer Variabilität, die die der Wildtiere weit überschreitet und Grundlage für die Entstehung zahlreicher Rassen ist. Dabei muss zwischen umweltbedingten Modifikationen und genetisch fixierten Modifikationen unterschieden werden (nature-nurture Problem > die Frage, ob etwas geerbt oder postnatal erworben/erlernt wurde). Erstere lassen sich auch schon bei der ersten Generation von Nachkommen von Wildfängen nachweisen, letztere finden sich nur bei domestizierten Tieren [Sossinka, 1982]. So kennzeichnen Herre und Röhrs [1990] Haustiere „als Teile von Wildarten, bei denen unter den veränderten Umweltbedingungen eines Haustandes im Laufe von Generationen ein unerwarteter Reichtum an erblich gesteuerter Entwicklungsmöglichkeiten zur Entfaltung kommt, den Menschen in Bahnen lenken, die ihnen zunehmend vielseitigen Nutzen bringen oder besondere Freude bereiten.“

Somit kann Domestikation als ein evolutionärer Prozess gesehen werden, in dem auch Erfahrungen und die Stimulation durch die Umwelt eine Rolle spielen [Price, 1999].

Betrachtet man den Menschen und somit die Auslese durch den Menschen als ein Glied der Natur und das menschliche Umfeld als eine neue spezielle ökologische Nische, so kann die Domestikation als ein Spezialfall der Evolution angesehen werden [Hemmer, 1983]. Und das Haustier erweist sich hier in der Adaption an eine veränderte Umwelt als erfolgreich, wenn man sich die Individuenzahl und die Anzahl besiedelter Habitate veranschaulicht.

Ein sehr häufig anzutreffendes Phänomen bei domestizierten Tieren ist eine große Variabilität in Größe und Gewicht, die sich sowohl in einer Größen- und Gewichtszunahme als auch in dem gegenteiligen Extrem, der Verzwegung, äußern kann. Gerade bei unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten gezüchteten Tieren wird auch noch zusätzlich eine übermäßige Fettbildung



durch die normalerweise üblichen, bewegungsarmen Haltungsbedingungen begünstigt, Verzweigungen lassen sich eher bei Liebhaberrassen oder Heimtieren finden [Sossinka, 1982]. Die innerartliche Variationsbreite ist nicht nur in Größe und Gewicht bei Haustieren vielfältiger. Schaut man sich die Farbenvielfalt der Haustiere an, so ist augenscheinlich, dass eine Ausmerzung auffälliger, nicht an ihre natürliche Umgebung angepasster Färbungen keineswegs unterbleibt, sondern durch den Züchter sogar eher gefördert wird.

Als weitere durch Domestikation bedingte morphologische und physiologische Veränderungen können u. a. Hirngewichtsreduktionen [Frick und Nord, 1963], Reduktion und damit veränderte Funktion der Nebenniere, Veränderungen der Hormonausschüttung [Martin, 1978; Haase, 1980] und Differenzen bei der strukturellen Entwicklung des ZNS bei Haustieren beobachtet werden. Auf ethologischer Ebene lässt sich ebenfalls eine Bandbreite von Modifikationen finden. Neben einer Verminderung der Fortbewegungsaktivität, der Lockerung sozialer Bindungen und Differenzierungen und einer erhöhten psychischen Toleranz lassen sich besonders im Sexualverhalten Unterschiede zwischen Haus- und Wildtier ausmachen [Price, 1984]. Dies betrifft nicht nur das bei Haustieren häufig reduzierte Paarungsverhalten, oft ist eine saisonale Fortpflanzungszeit kaum oder nicht mehr vorhanden und die Anzahl der Nachkommen allgemein stark erhöht [Kretchmer und Fox 1975; Haase, 1980]. Hemmer [1983] bezeichnet das Haustierverhalten generell als gedämpft gegenüber dem Wildtierverhalten, was er auf eine mindere Bedeutsamkeit von Umweltfaktoren und eine generelle Verarmung der Merkwelt bei Haustieren zurückführt.

Domestikation führt zu einer Verschiebung von Genhäufigkeiten (Gendrift), in der durch Neu- und Rekombination eine neue Formenvielfalt entstehen kann. Durch den Schutz des Menschen können auch rezessive, ansonsten maladaptive Merkmale herausgezüchtet werden [Schmitz, 1991].

Der Vergleich eines Haustieres mit seiner Wildform und die Erforschung der Abwandlungen in der Domestikation waren und sind immer noch Gegenstand der Domestikationsforschung oder Haustiervkunde.

Als einer der ältesten domestizierten Vögel gilt die Graugans (*Anser anser*) dicht gefolgt von der Felsentaube (*Columba livia*) und dem Roten Dschungelhuhn oder Bankivahuhn (*Gallus gallus*) [Sossinka, 1982]. Dabei soll die Domestikation der Graugans laut Crawford [1984b] schon vor ca. 5000 Jahren in Südosteuropa erfolgt sein, der Domestikationsbeginn der

Felsentaube liegt dagegen im Nahen Osten, Hawes [1984] datiert ihn sogar 6500 Jahre zurück. Das Huhn gilt als der meist verbreitete und meistgenutzte domestizierte Vogel weltweit. Sein Domestikationsbeginn liegt im Indusgebiet. Zahlenmäßig ist es mittlerweile allen anderen Hausgeflügelarten überlegen und steht auch wirtschaftlich von seiner Frohwüchsigkeit, seinem Fleischansatz und seiner Eilegeleistung gesehen an der Spitze des Hausgeflügels [Crawford, 1984a]. Als weitere Stammarten für Hausgeflügel gelten das Perlhuhn (*Numida meleagris*), die Wachtel (*Coturnix coturnix*) und das Truthuhn (*Meleagris gallopavo*).

Auf die domestizierten Enten- und Gänsevögel wird in 1.1.1. noch näher eingegangen. Je nach Autorenauffassung und wie weit man den Begriff Domestikation setzt, werden auch der Fasan, das Rebhuhn, der Strauß, der Pfau und sogar der Kormoran als domestiziert bezeichnet [Mason, 1984].

Als Hauptgründe für die Domestikation von Vögeln standen einmal natürlich der Nutzen durch Fleisch, Eier, Fett und Federn im Vordergrund. Andererseits wurden Vögel schon früh auch aus ästhetischen oder sportlichen Gründen, aufgrund ihres Aussehens oder ihren Verhaltensweisen gehalten. Eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielen auch religiöse oder kultische Motive, die auch mit ein Grund sein sollen, warum schon sehr früh eine Bevorzugung weißer Tiere stattfand [Sossinka, 1982]. Hahnenkämpfe waren lange Zeit sehr beliebt und gipfelten in einer Vielzahl von gerade dafür geeigneten Rassen, ein anderes Beispiel sind Zwergenten, die als Lockvögel bei der Jagd genutzt wurden. Früh wurden auch schon die Botenqualitäten und das gute Heimfindevermögen von Tauben erkannt, die in den heutigen Brieftauben aufgingen.

Auch bei der Domestikation der Vögel kann man beobachten, dass hauptsächlich Arten mit einem festen Sozialgefüge domestiziert wurden. Fast alle lassen sich gut in Gruppen halten und bis auf wenige Ausnahmen, wie die Taube, handelt es sich fast ausschließlich um Nestflüchter, die weniger Abhängigkeit von den Elterntieren und dadurch problemlosere Aufzucht in Gefangenschaftshaltung erwarten lassen [Mench und Keeling, 2001]. Die oben erwähnten Veränderungen im Hausstand lassen sich auch bei domestizierten Vögeln beobachten.

Als gravierendstes Beispiel für Abwandlungen während der Domestikation ist hier wohl das Haushuhn zu nennen, dessen Legeleistung mittlerweile bei über 350 Eiern im Jahr liegen kann (das Dschungelhuhn legt 1-2 mal jährlich ein Gelege mit 8-10 Eiern). Die Fleischrassen

erreichen innerhalb von 45 Tagen eine Schlachtreife von 2,5 kg und als auffälligste ethologische Veränderung kann man den Verlust des Bruttriebes aufführen [Keeling, 2002].

Auch im Heimtierbereich erfreuen sich Vögel großer Beliebtheit. Aus Populationen verschiedener Vogelarten wurden Heimhaustiere geschaffen, die durch Farbe, Form und Stimme Freude bereiten sollten. Da die Domestikation dieser Tiere erst in jüngster Zeit erfolgte, sind Stammart, Zeitpunkt und Ablauf meist recht gut dokumentiert und können als Grundlage für modellhafte Vorstellungen über den Vorgang der Domestikation genutzt werden [Herre und Röhrs, 1990]. Bekannteste Beispiele sind der Kanarienvogel, der Wellensittich und der Zebrafink. Auch zählen hierzu mittlerweile diverse Papageienarten und Ziergeflügel [Sossinka, 1982].

#### 1.1.1. Domestikation der Anseriformes

Wie oben schon erwähnt, gilt die Graugans (*Anser anser*) für viele Forscher als eine der ältesten Hausgeflügelarten (~ 5000 Jahre) und sie stellt die erste domestizierte Art der Anseriformes da [Herre und Röhrs, 1990]. Aufgrund von fehlenden Fossilien und der starken Ähnlichkeit von subfossilen Knochen wilder und domestizierter Vögel ist der genaue Domestikationsbeginn bei den meisten Hausgeflügelarten unklar und umstritten. Zudem beruhen die meisten Aussagen auf kulturgeschichtlichen Dokumenten, die oft sehr vieldeutig sind und bei denen züchtungsbiologische Fragen offen bleiben. Einige Autoren schätzen, dass die Ente vor ca. 3000 Jahren domestiziert wurde [Zeuner, 1963; Clayton, 1984]. Unter den domestizierten Anseriformes nehmen die Hausenten zahlenmäßig die Spitzenstellung ein, was hauptsächlich auf ihre Beliebtheit als Eier-, Feder- und Fleischlieferant im asiatischen Raum zurückzuführen ist [Rudolph, 1978; Carefoot, 1990]. 1984 lag der Hausentenbestand allein in Indonesien bei 25 Millionen Tieren, Tendenz steigend [Setioko et al., 1984], und auch heute noch spielt die Ente dort eine weitaus wichtigere Rolle als Lebensmittellieferant als in Europa oder Amerika.

Von den Anseriformes wurden die Graugans *Anser anser*, die Schwanengans *Anser cygnoides*, die Stockente *Anas platyrhynchos* und die Moschusente *Cairina moschata* zu Stammarten von Haustieren [Herre und Röhrs, 1990]. In Nordamerika begann man in den frühen Jahren der Besiedlung auch die Kanadagans *Branta canadensis* zu domestizieren. Mit

dem Auftreten domestizierter Bestände der Gattung *Anser* verschwand sie jedoch als Haustier von der Bildfläche und kommt heute nur noch wild oder als Ziervogel in Parks vor [Crawford, 1984b]. Ogilvie (1984) bezeichnet auch den Höckerschwan (*Cygnus olor*) als zumindest „teil-domestiziert“. Allerdings räumt er ein, dass der Schwan wohl nie vollständig domestiziert wurde, sondern sich die Haltung meist nur auf Aufzucht von Wildfängen oder die Hege und Pflege wilder Tiere auf eigenen Gewässern beschränkt hat.

Hausenten sind monophyletischer Abstammung. Als Stammart gilt die in der nördlichen Hemisphäre weit verbreitete Stockente (*Anas platyrhynchos*, Abb. 1) [z. B. Delacour, 1964; Darwin, 1859], die systematisch wie folgt eingeordnet wird [nach Sibley und Ahlquist, 1990]:

|                 |              |
|-----------------|--------------|
| Klasse:         | Aves         |
| Ordnung:        | Anseriformes |
| Unterordnung:   | Anserides    |
| Familie:        | Anatidae     |
| Unterfamilie:   | Anatinae     |
| Gattungsgruppe: | Anatini      |
| Gattung:        | Anas         |

Es gilt als erwiesen, dass Stockenten in mehreren Gebieten der Erde domestiziert wurden, vor allem Asien (Mesopotamien), Ostasien (China) und Mitteleuropa spielen hier eine Rolle [Pingel, 1989]. Davor war es lange Zeit üblich, Wildenten oder ihre Nachzucht zu fangen und bis zur Schlachtung in Gefangenschaft zu halten, ohne dass die Tiere gezähmt oder weitergezüchtet wurden [Engelmann, 1984]. Bekanntestes Beispiel für die frühe Haltung von gefangenen Wildenten waren die so genannten Nessotrophien der Römer, die ummauert und mit Netzen überspannt der Haltung, Mast und gelegentlich auch Fortpflanzung von Wildfängen dienten. Auch war es üblich, Eier von Wildenten einzusammeln und von Hühnern ausbrüten zu lassen [Columella, o.J.].

Als weiterer Urahn der Hausente gilt die Moschus- oder Warzenente (*Cairina moschata*, Abb. 2), der Gattungsgruppe Cairinini zugehörig. Sie ist ein typischer Bewohner der neuen Welt und auch ihr Domestikationsbeginn ist unklar [Clayton, 1984; Delacour, 1964]. Es gibt Vermutungen über eine Domestizierung von indianischen Völkern in Südamerika bereits zu vorkolumbischer Zeit [Benecke, 1994]. Allerdings existieren von der Warzenente bis heute

nur eine domestizierte Form und nicht mehrere Rassen. Stockente und Warzenente bringen bei der Verpaarung sterile Nachkommen hervor, die als „Mularden“ vor allem in Frankreich und Südostasien beliebt sind [Clayton, 1984]. Diese Tiere zeigen einen sehr hohen Fleischansatz, eine kurze Mastdauer und werden in Frankreich neben der Moschusente vorwiegend für die Entenleberproduktion genutzt [Pingel, 1989; Guémené und Guy, 2004].



Abb. 1: Stockentenerpel (Quelle: Aubrecht und Holzer, 2000)



Abb.2: Warzenente (Quelle: Clauss, 2004)

#### **1.1.1.1. Die Hausente (*Anas platyrhynchos* f. dom.)**

Der Vorfahr der Hausente, die zu den Gründelenten zählende Stockente (*Anas platyrhynchos*), ist allgemein bekannt, so dass sich eine nähere Beschreibung erübrigt (Abb. 1). Sie ist nahezu auf der gesamten nördlichen Hemisphäre verbreitet und zählt zu den populationsstärksten Entenvögeln [Madge und Burn, 1989; McKinney, 1962]. Neben den Wild- und den Hausenten haben sich mittlerweile vielerorts Populationen von halbwilden Stockenten auf Kleingewässern in Großstädten angesiedelt. Diese Tiere haben viel von der natürlichen Scheuheit ihrer Art verloren. Zudem wurden sie frühreifer und zeigen ungewöhnliche Färbungen und Zeichnungen [Hoerschelmann und Schulz, 1984] was u. a. durch die Kreuzung mit Hausenten aber auch durch Inzucht erklärt wird [Aubrecht und Holzer, 2000]. Bei den Hausenten erfolgt eine Habituation an neue Situationen merklich schneller als bei Wildenten und auch das Fluchtverhalten und die Individualdistanz sind herabgesetzt [Desforges und Wood-Gush, 1975a, 1975b; Engelmann, 1984]. U. a. wird dies mit der abgewandelten Hormonausschüttung und Aktivität der Nebenniere bzw. des Komplexes „Hypothalamus-Hypophyse-Nebenniere“ bei der Hausente begründet [Martin, 1975].

Schon Darwin [1868] hob hervor, dass Stockenten in Gefangenschaft bereits nach wenigen Generationen eine merklich höhere Körpermasse aufweisen als unter natürlichen Bedingungen, was für die Haustierwerdung von Bedeutung ist. Als auffälligstes, aus dieser Änderung resultierendes Merkmal, ist hier der Verlust des Flugvermögens zu nennen. Die meisten Hausentenrassen können nicht mehr fliegen, was, neben der Gewichtszunahme, an einer Verschiebung der Körperproportionen liegt [Rudolph, 1978]. Die Tragfläche der Flügel wird bei steigender Körpermasse im Verhältnis kleiner, die Flächenbelastung aber stärker, so dass eben Flugunfähigkeit die Folge ist [Meunier, 1959]. Liegt das Gewicht der Stockente bei günstigen Umweltbedingungen bei höchstens 1,3 kg, so können einige Mastrassen wie Aylesbury- oder Rouenenten annähernd 5 kg erreichen. Auch sind Hausenten im Allgemeinen frühreifer und frohwüchsiger.

Der Bruttrieb der Stockenten ist bei Hausenten weitgehend verdrängt, was eine erhöhte Legeleistung zur Folge hat. Ferner sind bei den meisten Hausenten Fortpflanzungszyklus und Mauser nicht mehr eng an den Jahreszyklus der Umwelt gebunden, was ebenfalls eine Voraussetzung für eine annähernd kontinuierliche Kükenproduktion ist [Rudolph, 1978], die im Hausstand erwünscht ist. Die Paarbildung ist bei den Hausenten weitestgehend aufgehoben, ebenso sind die Balzvorgänge des Erpels oft nur noch andeutungsweise zu erkennen [Desforges und Wood-Gush, 1976; Pingel, 1989; Reiter, 1997]. In Bezug auf die Balzvorgänge sollen aber auch Haltungsbedingungen eine Rolle spielen. So zeigten für mehrere Jahre freigesetzte Pekingentenerpel sehr wohl ein stockententypisches Balzverhalten [Miller, 1977]. Auch die Knüpfung sozialer Bindungen in den ersten Lebenstagen unterscheidet sich bei Wild- und Hausenten. So dominiert bei Stockentenküken die Tendenz zum Anschluss an die Mutter oder mutterähnliche Objekte, während bei Hausentenküken (Pekingenten) der Anschluss an Sozialpartner bzw. ein enger Gruppenzusammenschluß ausschlaggebender ist [Kopsieker, 1991].

#### **1.1.1.2. Rassebildung**

Clutton-Brock [1987] beschreibt Rassen als Tiere einer Art, die sich von anderen Gruppen derselben Art unterscheiden. Seiner Meinung nach können Rassen mit zoologischen Unterarten verglichen werden. Eine Rasse ist das Produkt einer Auswahl von Merkmalen, die von Menschen aus ökonomischen, kulturellen oder ästhetischen Gründen bevorzugt werden.

Der unterschiedliche Phänotyp verschiedener Rassen resultiert aus einem typischen Genom, das zusammen mit den einwirkenden Umweltfaktoren das äußere Erscheinungsbild begründet.

Im Laufe der Zeit wurden u. a. primitive Landrassen, Kulturrassen, später Herdbuchzuchten und Leistungszuchten mit speziellen Nutzungseigenschaften entwickelt. Auch beim Geflügel differenzierten sich diese Rassengruppen. Zum einen spielen hier vor allem so genannte Leistungsrassen oder Wirtschaftsrassen, die sich durch eine hohe Produktivität von z. B. Fleisch und Eiern auszeichnen eine große Rolle. Zum anderen entstanden auch immer mehr Liebhaber- oder Hobbyrassen, die aufgrund ihres Aussehens, ihrer spezifischen Verhaltensweisen (z. B. Kampfhühner) oder unter sportlichen Aspekten (z. B. Brieftauben) gezüchtet wurden [Carefoot, 1990; Schütte et al., 1994; Wandelt und Wolters, 1996]. Dass sie mit einer nicht so starken Nutzleistung wie das Wirtschaftsgeflügel ausgestattet sind, heißt nicht, dass ihre Produkte nicht auch genutzt werden und wurden. Für den Eigenbedarf werden sie sehr wohl als Fleisch- und Eierlieferant geschätzt, ihr Ursprung liegt häufig in Landrassen auf Bauernhöfen und oftmals sind sie die Vorfahren der Wirtschaftsrassen.

Die Zucht von Rassegeflügel erfreut sich seit jeher großer Beliebtheit. Der Bund Deutscher Rassegeflügelzüchter e. V. (BDRG) organisiert mittlerweile mehr als 300.000 Mitglieder in Deutschland, was zeigt, welchen Stellenwert die Zucht und Haltung von Rassegeflügel in der Gesellschaft einnimmt. Durch Jahrzehnte und in manchen Fällen Jahrhunderte andauernde Zuchtbemühungen ist bei den Tieren eine Fülle von Formen, Größen und Farben entstanden. Die Ergebnisse der züchterischen Bemühungen lassen sich auf regelmäßig stattfindenden Rassegeflügelausstellungen beobachten, bei denen die Tiere nicht nur ausgestellt werden, sondern auch von Preisrichtern nach definierten Richtlinien bewertet werden. Diese Richtlinien sind für jede Rasse im so genannten Standard des BDRG festgelegt, durch die „Benotung“ des Preisrichters wird der Zuchtwert des Tieres beurteilt und gleichzeitig der Zuchtstand der Rasse dokumentiert [BDRG, 2002].

Die bewusste Herauszüchtung verschiedener Entenrassen begann erst im 19. Jahrhundert. Dürigen [1923] stellte die Hypothese auf, dass durch die in verschiedenen Gebieten zu unterschiedlichen Zeiten erfolgte Domestikation zwei voneinander abweichende Typen von Hausenten aus der Stockente hervorgegangen sind. Zum einen kamen in Südostasien Enten



mit steiler Körperhaltung auf, die auch als *Pinguinentyp* bezeichnet wird. Von ihr sollen sich die Hausentenrassen mit steiler Körperhaltung herleiten. Zum anderen entwickelte sich in Europa und wohl auch in China ein so genannter *Landententyp* heraus. Dem entsprechende Enten ähneln vom Habitus den Stockenten, sind jedoch wesentlich größer und schwerer. Aus diesen zwei Typen und ihren Kreuzungen entwickelte sich der Großteil der heute bekannten Rassen [Doll, 1985]. Dabei ging die Entwicklung in verschiedene Richtungen, so dass Mastrassen, Legerassen und Zweinutzungsrasen entstanden [Mehner, 1961]. Ein Großteil dieser Rassen wird in Europa heute nur noch von Liebhabern gezüchtet, die wirtschaftliche Nutzung von Hausenten beschränkt sich auf einige wenige Rassen wie z. B. die Amerikanische Pekingente.

In Deutschland sind zurzeit 21 Rassen mit einer großen Anzahl von Farbschlägen in dem Rassestandard des BDRG anerkannt, in dem auch das rassespezifische Aussehen festgelegt ist. Teilweise handelt es sich dabei um sehr alte Rassen, wie Landenten, Rouenenten oder auch Krummschnabelenten, die schon bei Darwin [1873] Erwähnung fanden.

Darwin betitelte in seinem Werk von 1873 noch alle Entenrassen als Unterrassen und teilte sie den vier Rassen „Gemeine Hausente“, „Hackenschnäblige Ente“, „Schnatterente“ und „Pinguinente“ zu. Ein Großteil der heute bekannten Entenrassen wurde damals schon beschrieben.

Es gibt aber auch eine Vielzahl von Rassen oder auch neuen Farbschlägen einer alten Rasse, die erst in den letzten Jahren herausgezüchtet und etabliert wurden (z. B. Gimbsheimer Enten oder Overberger Enten). Bei einigen Rassen kommt eine Federhaube vor. Sie wird gemeinhin als die gegenwärtig einzige mutative Gefiederänderung dargestellt, wobei inzwischen allerdings auch über die Entstehung von Nackthalsenten („le canard Cou-nu“) in Frankreich berichtet wird [Périquet, 1999]. Gelocktes Gefieder, Federfüßigkeit, Bartwuchs, verlängerte Schwanzfedern o. ä. was bei anderen Arten des Hausgeflügels zu finden ist, kommen nicht vor. Die Variabilität der Entenrassen zeigt sich also hauptsächlich in Größe, Farbe, Form und Körperhaltung.



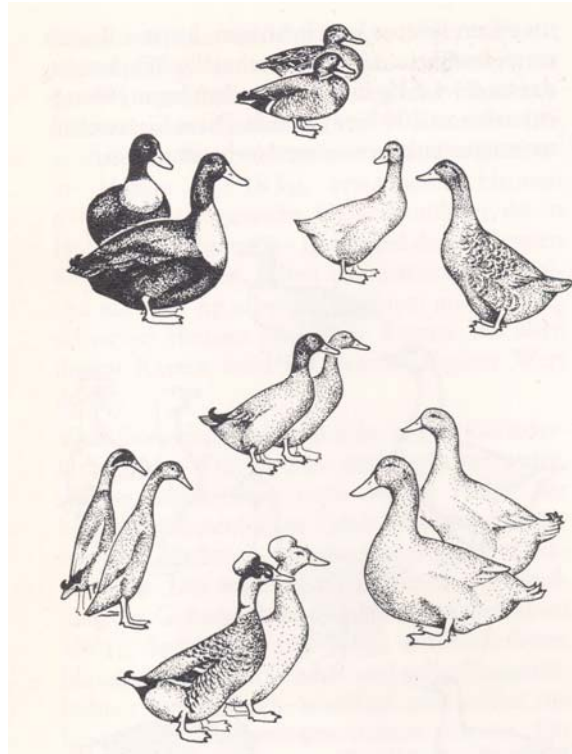


Abb.3: Hausentenrassepaare: Khaki-Campbellente (Mitte); von oben im Uhrzeigersinn: Zwergente, Machtanente, Aylesburyente, Haubenente, Laufente, Duclairente (Quelle: Herre und Röhrs, 1990).

## **1.2. Die Rasse Landente mit und ohne Haube**

Innerhalb der Klasse der Vögel (Aves) gibt es bei vielen domestizierten Arten, unabhängig von der Kopfbefiederung ihrer Stammarten, eine Tendenz zur Ausbildung von Federhauben oder –schöpfen [Herre und Röhrs, 1990]. Diese Veranlagung wird seit langer Zeit von Geflügelzüchtern aus Liebhaberei gefördert und hat bei einer Reihe von Geflügelrassen starke Ausprägung erlangt.

Bei den Hausenten treten Federhauben unter anderem bei den Landenten auf. Der Wortteil „Land“ in der Bezeichnung der Rasse Landente deutet auf einen Ursprung im bäuerlichen Umfeld hin und dass es sich um eine alte, ursprüngliche Rasse handelt. Und tatsächlich ist diese Rasse schon seit Jahrhunderten bekannt, wobei sich die Bezeichnung Landente auch auf den oben erwähnten Körpertyp der Ente bezieht, der sich im Laufe der Zeit auf Bauernhöfen etablierte. Nach Rudolph [1978] ist die Haube durch Mutation entstanden und wurde bald zum rassetypischen Merkmal. Haubentragende Enten erfreuten sich bei Geflügelliebhabern seit alters her besonderer Attraktivität. Schon Mitte des 17. Jahrhunderts tauchen

haubentragende Enten auf Bildern holländischer Meister wie Melchior d'Hondecoeter oder Jan Steen auf, Otto Scheurerer verewigt sie 1862 auf seinem „Hühnerhof“, in Wilhelm Buschs Geschichten sind sie vertreten [1867] und auch Charles Darwin [1868] waren sie bekannt. Zunächst wurde die Rasse im deutschsprachigen Raum als Hollen-, Schopf-, Federbusch-, Hauben- oder Kaiserente [Krautwald, 1910] bezeichnet, im angelsächsischen Sprachraum spricht man von „Crested Ducks“, im Französischen von der „Canard huppé“ [Hams, 2000; Périquet, 1999].

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts fand die Haubenente schließlich auch Einzug in die deutsche Rassegeflügelzucht [Schmidt, 1996].

Seit 1997 werden Haubenenten im Standard des BDRG nicht mehr als eigene Rasse, sondern als zulässige Formvariante der Rasse Landente geführt [BDRG, 2002]. Des Weiteren findet man Federhauben auch bei den Rassen „Zwergente“ und „Hochbrutflugente“ [BDRG, 2002; Rudolph, 2000, 2001].

Im Gegensatz zu den Haubenhühnern, bei denen die Haube auf einer Knochenprotuberanz sitzt, liegt die Haube der Enten auf einem fett- und bindegewebereichen Polster im parietalen Bereich des Schädels [Requate, 1959; Bartels et al., 1991, 1998, 2001b, 2001d; Frahm und Rehkämper, 1998; Frahm et al., 2001].

Seit fast genauso langer Zeit wie die Rasse bekannt ist, existieren auch Schriftstücke, in denen von Problemen oder Besonderheiten in der Haubenentenzucht berichtet wird. Das Merkmal „Haube“ kann eine Reihe von Alterationen vor allem im Hirn-Schädelbereich mit sich bringen, was schon früh bemerkt und dokumentiert wurde. Dies wird schon in Schriften von Darwin [1873] deutlich, der diese Rasse wie folgt beschrieb:

„Haubenente: mit einem großen Busch feiner, duniger Federn auf dem Kopf, der von einer fleischigen Masse getragen wird; der Schädel unter ihm durchbohrt.“

Im selben Jahr dokumentiert Tegetmeier folgende Beobachtungen zu den „Tufted or Crested Ducks“: „In the skull of some specimens that we have examined after death, we have noticed a deficiency of the bones of the forehead, their place being supplied by a cartilaginous thickening of the membranes under the base of the crest“.

Arbeiten zu Beginn und in der Mitte des 20. Jahrhunderts zufolge wird durch die Federhaube nicht nur ein auffälliger Phänotyp erzielt. Krautwald [1910] wies darauf hin, dass es gerade bei großhaubigen Tieren zu der Bildung von Fettkörpern im Hirnschädel und dadurch bedingten Koordinationsschwierigkeiten bei der Bewegung kommen kann. Rüst [1932] und

Requate [1959] erwähnen zusätzlich hohe prä- und postnatale Sterberaten. Vor allem bei der Verpaarung zweier großhaubiger Tiere sind relativ große Ausfälle bei der Nachzucht zu erwarten, woraufhin eine solche Verpaarung unüblich wurde. Bei dem schon von Rüst, Requate und Lancaster [1990] als autosomal-dominant mit unvollständiger Expressivität beschriebenen Erbgang fällt auch immer ein Teil haubenloser Tiere an, auf dem nun in der Zucht zurückgegriffen werden konnte. Seit 1997 gibt es sprachlich keine Differenzierung mehr, die vermerkt, ob eine Landente aus einer generell haubenlosen Zucht stammt oder ein Nebenprodukt aus einer auf Haubenträger ausgerichteten Zucht ist.

Untersuchungen neueren Datums bestätigen die damals gemachten Beobachtungen größtenteils und erweitern sie zudem. Dachte man zu Krautwalds und Rüsts Zeiten jedoch noch, dass homozygote Haubenträger nicht lebensfähig seien, so ist diese Behauptung mittlerweile widerlegt. Ebenso ist mittlerweile bewiesen, dass es keine direkte Korrelation zwischen den häufig diagnostizierten intrakranialen Fettkörpern und der Haubengröße oder der Größe des Haubenpolsters gibt [Bartels et al., 2001a, 2001d; Brinkmeier, 1999; Frahm et al., 2001]. Alle oben erwähnten pathologischen und ethologischen Auffälligkeiten lassen sich auch bei glattköpfigen Tieren aus Linien mit Haubenträgern oder Tieren mit kleinen Hauben finden.



Abb.3: Gruppe von Landenten mit Haube

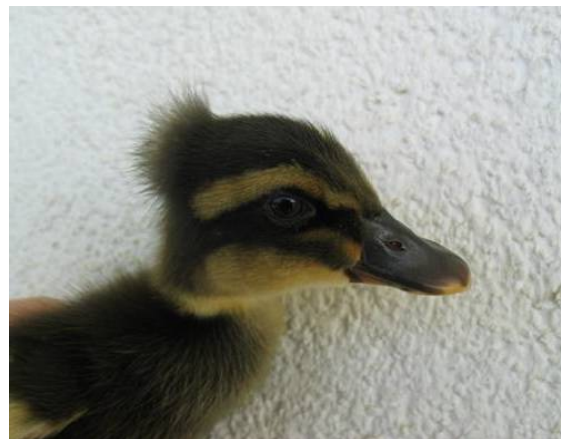


Abb. 4: Landente mit Haube, Küken

Da Landenten, die im Zentrum der vorliegenden Arbeit stehen, hirnanatomische Besonderheiten aufweisen, werden nachfolgend grundlegende Ausführungen zum Thema Vogelhirn dargestellt.

### **1.3. Das Vogelhirn**

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts bekam die Erforschung der Evolution des Gehirns bei Vertebraten eine neue Orientierung. Ludwig Edinger, der als Vater der vergleichenden Neuroanatomie gilt, formulierte eine Theorie über die Entwicklung des Gehirns, die ausschlaggebend für die gesamte Nomenklatur für die verschiedenen Hirnteile bei allen Vertebraten wurde [Edinger, 1903, 1908]. Seine Arbeitsgruppe und später weitere namhafte Hirnforscher wie J. B. Johnston, G. C. Huber, E. C. Crosby, C. U. Ariëns-Kappers und C. J. Herrick postulierten aufgrund von Untersuchungen an Schnittserien und Läsionen von bzw. an Fisch-, Amphibien-, Reptilien-, Vogel- und Säugergehirnen die Theorie, dass sich das Gehirn im Laufe der Evolution durch die schrittweise Zunahme von bestimmten Hirnteilen entwickelt hat [Reiner et al., 2004]. Dabei konnte man diese Entwicklung hauptsächlich an mesencephalen Strukturen und schließlich im ventralen und dorsalen telencephalen Bereich verfolgen und für den Grad dieser Zunahme oder Entwicklung etablierte sich schließlich der Begriff Enzephalisation.

Die verschiedenen Strukturen des menschlichen Gehirns sind in der Regel nach ihrem Aussehen, ihrer Gestalt oder ihrer Position benannt. Diese Determination wurde nun häufig fast 1:1 auf die vermuteten homologen Strukturen der verschiedenen Vertebratenklassen übertragen, was sich auch in der Terminologie des Vogelgehirns wieder fand.

Zu diesen Zeiten galt die Annahme, dass sich im Laufe der Evolution vom Reptil zum Säugetier der dünne Hirnmantel und die dazu überproportional großen Basalganglien der Reptilien veränderten, so dass sich schließlich durch eine Hypertrophie des Hirnmantels der Neocortex der Säuger entwickelte. Im Gegensatz dazu sollte das Vorderhirn der Vögel, aufgrund des Fehlens einer mit dem Cortex vergleichbaren laminierten Struktur, aus extrem vergrößerten und komplexen Basalganglien („Striatum“) bestehen. Diese Auffassung wurde sehr lange vertreten [Ariëns-Kappers et al., 1967]. Dies passte zu der damaligen Auffassung, dass Säuger ein weitaus komplexeres, flexibleres Verhaltensrepertoire aufweisen sollten, ein Umstand für den nach damaliger Meinung das Vorhandensein eines Neocortex vonnöten sei. Die Basalganglien wurden als ausschlaggebend für Instinktverhalten gehalten und da selbst das komplexere Verhalten der Vögel als instinktiv gesteuert angesehen wurde, ging diese Tatsache konform mit dem Hirnbau. Allgemein wurde der Vogel als nicht sehr hoch enzephalisiert angesehen und auch wurden ihm große kognitive Fähigkeiten abgesprochen [Edinger, 1908].

Bei der Terminologie der Basalganglien orientierte man sich, wie oben erwähnt, an dem Säugergehirn. Obwohl manche Forscher diese Auffassungen nicht vollends teilten [Rose, 1914; Kuhlenbeck, 1938, 1977], setzte sich diese Terminologie durch und Begriffe wie Neostriatum, Archistriatum, Hyperstriatum und Paleostriatum für die Einteilung des Telencephalons der Vögel etablierten sich und wurden lange auch in ganzen Abhandlungen über das Vogelhirn benutzt [z. B. Pearson, 1972].

1967 erschien der erste stereotaktische Atlas eines Taubengehirns, in dem erstmals alle Hirnteile vollständig identifiziert und benannt wurden [Karten und Hodos, 1967]. Seine Nomenklatur orientierte sich größtenteils an der traditionellen Literatur [Edinger, 1903, 1908; Ariëns-Kappers et al., 1967], obwohl sich schon zu dieser Zeit herausstellte, dass diese nicht immer zutraf und z. T. verwirrend und nicht eindeutig genug war. Teilweise fand aber auch abweichende Literatur von Forschern wie Kuhlenbeck, Rose oder Haefelfinger [1957] Verwendung. An der Nomenklatur von Karten und Hodos [1967] orientierten sich schließlich auch die Atlanten über weitere Vogelarten [z. B. Kuenzel und Masson, 1988]. Über das Entengehirn existiert bisher nur ein stereotaktischer Atlas von dem Hirnstamm der Stockente [Zweers, 1971].

Mittlerweile ist die Forschung am Vogelhirn weit fortgeschritten und die Auffassung, dass der Hauptteil des Telencephalons des Vogels aus hypertrophierten, dem Säugergehirn homologen Basalganglien besteht, widerlegt. Man weiß nun, dass der Großteil des Telencephalons neurochemisch, hodologisch und funktionell mit dem Neocortex, dem Claustrum und dem Corpus amygdaloideum der Säuger vergleichbar ist und nur ein kleiner Teil des aviären Telencephalon (das Paleostriatum) direkt mit dem Striatum der Säuger verglichen werden kann [z. B. Reiner et al., 1984; Karten, 1991; Ebinger et al., 1992; Shimizu und Karten, 1993; Güntürkün, 1997; Kröner und Güntürkün, 1999]. Zudem sind mittlerweile viele Kerne aus dem Bereich des Hirnstamms mit Verbindungen zum Großhirn bekannt, von deren Existenz man früher noch nichts wusste und auch über die Funktion des Striatum weiß man nun einiges mehr als früher. Aufgrund dieser Erkenntnisse kann es zu einer Überarbeitung der bestehenden Nomenklatur des Vogelhirns durch das so genannte *Avian Brain Nomenclature Consortium*, die zu einer seit 2004 veröffentlichten geänderten Terminologie geführt hat [Reiner et al., 2004; The Avian Brain Nomenclature Consortium, 2005].

Neuere Untersuchungen widerlegen auch die angeblich niedrige Enzephalisation, die früher postulierte geringe Intelligenz und die angeblich geringen kognitiven Fähigkeiten der Vögel.

Relativ zu ihrer Körpergröße gesehen besitzen Vögel durchaus kein kleines Gehirn [Rehkämper et al., 1991] und viele Untersuchungen bestätigen mittlerweile die z. T. sehr großen kognitiven Fähigkeiten der Vögel. Die hohen kognitiven Fähigkeiten von diversen Papageienarten werden dabei als schon fast vergleichbar mit Primaten angesehen [Pepperberg, 1990; 2002] und auch die Herstellung und der Gebrauch von Werkzeugen bei einigen Vertretern der Corviden stehen dem der Primaten in nichts nach [Hunt, 1996; Emery und Clayton, 2004].

Was die Zusammensetzung und Größe des Vogelhirns angeht, so kann vorweg gesagt werden, dass diesbezüglich eine hohe Variabilität herrscht und dies nicht nur zwischen den Ordnungen, sondern sogar z. T. zwischen den einzelnen Arten. Schon früh wurden aufgrund dieser Tatsache Untersuchungen am Hirn durchgeführt, die u. a. Aufschluss über die systematische Einordnung der betreffenden Vögel geben sollten und die sogar eine zwischen engverwandten Arten vorherrschende Variabilität bestätigten [Portmann, 1946a, 1946b; Stingelin, 1956].

Iwaniuk und Hurd [2005] konnte nach Hirnanalysen an 67 Vogelarten diese in fünf Großgruppen, von ihm ‚Cerebraltypen‘ genannt, einteilen. Dabei wurden in multivariaten Testverfahren neun Hirnstrukturen untersucht und bei der Einteilung ebenfalls eine große Variabilität festgestellt. Zudem differenzierte er sehr auf die jeweilige Lebensweise spezialisierte Gehirne von so genannten ‚Generalistengehirnen‘, die keine extremen Besonderheiten in einer Hirnregion zeigen. Arten mit ähnlichen Verhaltensmustern und/oder ähnlicher Ökologie fielen meist in eine Gruppe. Dies entspricht u. a. der Meinung von Bennett und Harvey [1985] und Dubbeldam [1993], dass sich Lebensweise und Verhalten im Bau bzw. in der Größe verschiedener Hirnteile oder auch Faserbahnen widerspiegeln können. Dies wird auch durch Kalisinska [2005] bestätigt, die selbst beim Vergleich von Gattungsgruppen für die verschiedenen Lebensweisen Unterschiede im Hirnbau fand.

Generell zeigt sich die Größenvariation des Hirnstamms als weitaus konservativer, als es beim Telencephalon, Cerebellum und auch Tectum opticum zu beobachten ist. Die Größe des Cerebellums steht dabei häufig in Beziehung zu den Flugfähigkeiten der betreffenden Art, die Größe des Tectum opticum spiegelt die Wichtigkeit des visuellen Systems in der Futtersuche wider [Boire und Baron 1993].



Was die äußere Erscheinung angeht, so fällt beim Vogelgehirn als erstes die glatte, furchenlose Oberfläche des Großhirn auf. Beim median sitzenden Cerebellum lässt sich eine dem Säugergehirn ähnliche Furchung beobachten. Des Weiteren fallen die lateral sitzenden, sehr großen Lobi des Tectum opticum auf, die die Wichtigkeit des visuellen Systems bei fast allen Vögeln veranschaulichen. Die meisten Vogelarten gelten als Mikrosmatiker, somit ist der Bulbus olfactorius oft nur schwach ausgebildet. Die Topographie des Hirnstamms und des Rückenmarks ähnelt der der Säuger mit der Ausnahme, dass sich in der Lumbosacralregion der Wirbelsäule meist ein so genannter Glykogenkörper befindet [Cohen und Karten, 1974]. Näheres zum Feinbau und der Funktion der einzelnen Hirnteile findet sich in 4.3., eine Übersicht am Beispiel eines Hühnerhirns gibt Abb. 5..

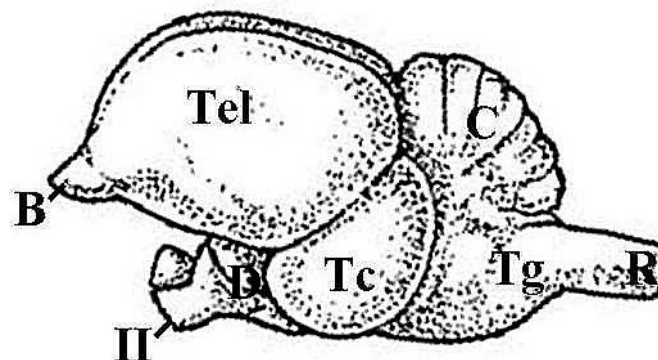


Abb. 5: Schema eines Vogelhirns (Huhn): B=Bulbus olfactorius, C=Cerebellum, D=Diencephalon, R=Rückenmark, TC=Tectum opticum, Tg=Tegmentum, Tel=Telencephalon, II=Nervus opticus

#### **1.4. Alterationen des (Vogel-) Gehirns im Zuge der Domestikation**

Die Untersuchung des Gehirns ist ein gut bearbeitetes Forschungsfeld in der Domestikationsforschung. Wie schon in 1.1. erwähnt, werden zwischen dem Haustier und seiner wilden Stammform häufig auf Seiten des Haustieres Hirnreduktionen beobachtet, wobei große Unterschiede im Ausmaß der Verringerung bei den einzelnen Arten festzustellen sind. Diese Unterschiede lassen sich auf die unterschiedlichen Evolutionshöhen der einzelnen Stammarten (die am Cerebralisationsgrad festgemacht werden), auf besondere Reaktionen

einzelner Arten gegenüber den Bedingungen der Domestikation oder auf unterschiedliche Domestikationseinflüsse (Domestikationsdauer, Selektion) zurückführen [Kruska, 1980]. Nach den bisherigen Feststellungen zeigen niedriger cerebralisierte Gehirne quantitativ nicht die gleichen Reduktionen, wie die höherentwickelten. Es scheint so, dass das Minimum an Hirngröße hier früher erreicht wird [Röhrs, 1959].

Bei den vergleichenden Hirnuntersuchungen zwischen Wild- und Haustier darf nicht außer Acht gelassen werden, dass die Bezeichnung Wildtier bzw. Stammform mit Vorsicht zu betrachten ist. Ein Beweis dafür, dass man als Stammform die reine Wildform ohne Einflüsse von Haustieren vergleichen konnte, ist meist nicht gegeben. In der heute besiedelten Welt existieren kaum noch Wildtierpopulationen, deren Verbreitungsgebiet so weit abgelegen liegt, dass eine Kreuzung mit Haustieren auszuschließen wäre.

Der direkte Vergleich von absoluten Hirngrößen würde sich aufgrund der z. T. sehr unterschiedlichen Körpergrößen als wenig repräsentativ gestalten und auch der prozentuale Anteil des Gehirns an der Körpergröße eignet sich nicht zum relativen Vergleich von Hirngrößen. Im letzteren Fall besteht das Problem, im Gegensatz zum direkten Hirngrößenvergleich, dass kleine Arten sehr hohe, große Arten hingegen sehr niedrige Werte erreichen [Dubois, 1914; Stephan et al., 1986]. Durch die Tatsache, dass bei Nichtbeachtung des Körpergewichtes die Vergleichswerte von kleinen zu großen Arten ansteigen, bei dessen voller Berücksichtigung dagegen abfallen, etablierte sich der Vergleich relativer Hirngrößen mit allometrischen Methoden unter Zuhilfenahme einer Potenzfunktion [Dubois, 1914; Portmann, 1946a, 1946b; Wirz, 1950; Stephan et al., 1986].

Bei der Allometrie geht es um das Messen und Vergleichen von Beziehungen zwischen zwei Parametern, z. B. der Körpergröße und deren Verhältnis zu verschiedensten biologischen Größen. Snell [1892], gefolgt von Dubois [1897], bestätigte als erster eine bestehende Korrelation zwischen Körpergröße und Hirngröße und führte die allgemeingültige Allometrieformel

$$y = b * x^a, \text{ in logarithmierter Form: } \log y = b + a * \log x$$

ein, bei der x die Körpermasse und y die Hirngröße darstellt. Durch Logarithmierung wird aus der vorher vorliegenden Exponentialkurve eine Gerade, bei der a die Steigung und b den Schnittpunkt mit der y-Achse (Integrationskonstante) darstellt. Erst diese Darstellungsweise machte einen Vergleich von Hirngrößen Tiere verschiedener Körpergrößen möglich.



So konnten aufgrund solcher Untersuchungen bei vielen Haustierarten die Beziehung zwischen Hirn- Körpergewicht zur Stammart ermittelt werden.

Die größte Abnahme im Gesamthirnvolumen lässt sich bei Hausschweinen und den Haushunden ausmachen, wo eine mittlere Hirngewichtsabnahme von 33,6 % bei den Hausschweinen und, je nach Autor, zwischen 28 % und 30 % bei den Haushunden festgestellt werden konnte [Klatt, 1955; Weidemann, 1970; Kruska und Stephan, 1973; Ebinger, 1979].

Ein geringerer Wert gilt für Schafe. Dort ermittelte Ebinger [1974] eine mittlere Hirngrößenabnahme von bis zu 24 % im Vergleich zur Stammform (je nach Rasse), bei Hausequiden konnte eine Gesamthirnreduktion von 16 % ermittelt werden [Kruska, 1973] und bei Katzen 24 % [Hemmer, 1978]. Bei den kleineren Haussäufern fallen die Reduktionswerte geringer aus: 8,7 % bei der Labormaus, 13,4 % beim Meerschweinchen, 13 % beim Hauskaninchen und die Hausmaus zeigt sogar keinerlei Hirngrößenabnahme [Frick und Nord, 1963; Ebinger, 1971; Herre und Röhrs, 1990].

Die Tatsache, dass Hirngrößenabnahmen vom Wild- zum Haustier auf verschiedenen Encephalisationsniveaus auftreten, deutet auf gleich gerichtete und kennzeichnende Domestikation hin. An verwilderten Haustieren lässt sich wieder eine Hirngewichtszunahme beobachten, die aber in der Regel das Niveau des Wildtieres nicht mehr erreicht [Röhrs und Ebinger, 1999]. Dies spricht einmal für die genetische Fixierung der Hirngrößenreduktion, was sich auch in Kreuzungsexperimenten zwischen Pudel und Wölfen zeigen lässt.

Andererseits lässt sich hier, und auch in der Tatsache, dass sich häufig schon in der ersten Generation von in Gefangenschaft gehaltenen Wildtieren Hirngrößenreduktionen nachweisen lassen, die mögliche Modifikation durch Umweltbedingungen zeigen [Weidemann, 1970; Kruska, 1987]. Dass es auch Ausnahmen davon geben kann, zeigen Untersuchungen über die Hirngröße von Spitzhörnchen. Hier zeigte die F<sub>1</sub>-Generation von in Gefangenschaft gehaltenen Tieren sogar ein signifikant höheres Hirngewicht im Vergleich zu den Wildfängen [Frahm und Stephan, 1976].

Gemeinhin zeigt das Telencephalon die größten quantitativen Verluste, gefolgt vom Diencephalon und Cerebellum mit ähnlich starken Reduktionen. Der Hirnstamm zeigt sich weniger anfällig, dafür scheinen im Bereich des Telencephalon kortikale Bereiche und die Strukturen zur Sinneswahrnehmung besonders betroffen zu sein [Kruska und Stephan, 1973; Kruska, 1980; Stephan, 1950].

Im Bereich der domestizierten Vögel lassen sich ähnliche Beobachtungen machen. Auch das Hausgeflügel zeigt in den meisten Fällen Hirngrößenabnahmen und ebenfalls wird hier vermutet, dass das Cerebralisationsniveau das Ausmaß der Hirnreduktion bestimmt.

So lassen sich bei der Haustaube Größenabnahmen von 6,9 %, und bei der Hausgans von 16,1 % feststellen [Ebinger und Löhmer, 1984, 1987]. Beim Truthuhn beträgt die Differenz zwischen Wildhähnen und Hausputen sogar 35,2 %, die von Wildhennen zur Hausform 23,8 %. Der Geschlechtsdimorphismus diesbezüglich, der bei der Wildform vorliegt, lässt sich bei der domestizierten Form nicht mehr nachweisen [Ebinger et al, 1989].

Auch in der Hausente ist der bei wilden Stockenten vorliegende Geschlechtsdimorphismus in der Hirngröße kaum noch nachzuweisen [Ebinger und Löhmer, 1985; Fritz, 1976]. Generell wird eine Gesamthirnreduktion von 15,8% bei Hausenten im Vergleich zu Wildenten angenommen, wobei die relative Zusammensetzung der einzelnen Hirngebiete gleich bleibt [Ebinger, 1996]. Die stärkste Abnahme lässt sich am trigeminalen System ausmachen (-21,3 %, Sensorik). Dies führt Ebinger darauf zurück, dass im Hausstand vom trigeminalen System gesteuerte Bereiche wie die Schnabelsensorik nicht mehr so stark genutzt werden (müssen). Somit besteht für Tiere mit schwach entwickeltem trigeminalen System kein funktionsbedingter Selektionsnachteil mehr, für Tiere mit gut entwickeltem trigeminalen System kein Selektionsvorteil mehr.

Optische und limbische Strukturen sind weniger stark reduziert (13,3 % bzw. 11,1 %), olfaktorische Strukturen fast gar nicht (-0,4%) [Ebinger, 1995, 1996]. Im rhombencephalen Bereich (Cerebellum, Mesencephalon, Medulla oblongata) lässt sich eine größere Reduktion (16,8 %) als im prosencephalen Bereich (Telencephalon, Diencephalon: 13,5 %) feststellen. Etwas anders sieht es bei der Hausgans aus. Hier zeigt sich das Rhombencephalon mit einer Abnahme von 9 % erheblich geringer reduziert als das Prosencephalon mit 18,8 %. Besonders auffällig sind die Reduktionswerte von Tectum opticum (21,8 %), Tractus opticus (37,3 %), Hyperstriatum ventrale (26,1 %), Archistriatum (22,4 %) sowie Hippocampus (31 %) [Ebinger und Löhmer, 1987].

Bei der Haustaube zeigen laut Ebinger [1984] das Hyperstriatum ventrale und das Tectum opticum die größte Abnahme (21 % bzw. 12 %), für den paleostriatalen Komplex wurde sogar eine Volumenzunahme ermittelt. Rehkämper et al. [2006] stellten ebenfalls eine partielle Volumenzunahme fest, allerdings für den Bulbus olfactorius.

Die schon in 1.1. erwähnte erhöhte Variationsbreite bei Haustieren lässt sich auch im Hirnbau wieder finden. Die verschiedenen Hausformen zeigen nicht nur im Vergleich zur Wildart eine enorme Variabilität in ihrem Hirnbau, auch intraspezifisch, zwischen den einzelnen Rassen, zeigen sich rassespezifische Hirnzusammensetzungen, die sich u. U. sehr stark voneinander unterscheiden können.

So wurde im Hausgeflügelbereich die Hirnzusammensetzung verschiedener Enten-, Hühner- und Taubenrassen miteinander verglichen und eine rassespezifische und somit intraspezifisch variierende Hirnzusammensetzung bewiesen [Frahm und Rehkämper, 1998; Frahm et al. 2001; Rehkämper et al., 1988, 2003; Rehkämper und Frahm, 1998].

Die Hirngewichtsabnahme der Säugetiere, bei primitiven Rassen noch relativ gering, tritt mit steigender Domestikationshöhe immer mehr in Erscheinung (bei z. B. Hochleistungsrassen). Die Rassen lassen sich nach fallendem Hirngewicht in eine Reihenfolge einordnen, die der Reihe steigender Domestikationshöhe entspricht [Stephan, 1950]. Dieser auf den ersten Blick negativ anmutende Standpunkt entspricht der Degenerationshypothese von Herre und Röhrs [1990] oder der Theorie einer regressiven Evolution bei Hemmer [1983]. Dagegen steht die Anpassungshypothese nach Rehkämper et al. [1988, 1998], nach der sich beim Hausgeflügel erzüchtete Verhaltensweisen im Hirnbau widerspiegeln lassen und bisweilen sogar Volumenzunahmen bei bestimmten Hirnregionen beobachtet werden können [Rehkämper et al., 2006]. Das Gehirn der Haustiere zeigt sich an die aktuellen Umweltbedingungen optimal angepasst, was bei bestimmten Hirnstrukturen zu einer Reduktion, umgekehrt aber auch zu einer Zunahme der betreffenden Struktur führen kann. Die Veränderungen bei den Haustieren stellen somit keine funktionsnachteilige Degeneration dar, sondern sind auch nach Ansicht von Ebinger [1996] als Anpassungsprozess an die vom Menschen geschaffenen Bedingungen und Lebensräume anzusehen. Das Vorhalten einer funktionell überflüssigen Hirnstruktur wäre energetisch zu aufwendig um dauerhaft beibehalten zu werden, Apoptosis (programmierter Zelltod) und Größenänderungen können die Folge sein [Bottjer und Sengelaub, 1989; Clayton und Krebs, 1994].

### **1.5. Ziele der Arbeit**

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich vornehmlich mit der Rasse Landente mit und ohne Haube und hat thematisch zwei Schwerpunkte.

Wie schon in 1.2. erwähnt, kann es bei dieser Rasse gerade im Hirn-, Schädel- und Verhaltensbereich zu einer Reihe von Besonderheiten kommen. Dadurch ruft die Haubenbildung Skepsis bezüglich des Wohlergehens des Tieres hervor, welche sowohl durch die ältere, als auch durch aktuellere Literatur nicht unberechtigt zu sein scheint. Aufgrund dieser Kritikpunkte ist es im Rahmen einer langjährigen Diskussion zum Thema „Qualzucht“ bzw. Umsetzung des §11b des Tierschutzgesetzes im Bundesland Hessen im Jahr 2003 zu einem Zuchtverbot dieser Rasse für zwei Züchter gekommen. Sowohl die ältere als auch die aktuelle Literatur und ein für das Hessische Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft angefertigtes Gutachten [Bartels, 2001d] sollen bewiesen haben, dass bei der Zucht von Landenten mit Haube „...damit gerechnet werden muss, dass Körperteile oder Organe für den artgemäßen Gebrauch fehlen oder untauglich oder umgestaltet sind und hierdurch Schmerzen, Leiden oder Schäden auftreten.“ [BMVEL, 2002]. Doch zeigen sich diese Untersuchungen oft undifferenziert, subjektiv und anthropomorphisiert. Viele Fragen bleiben offen und eine genaue Analyse der Rasse Landente bezüglich ihrer Problematik steht bisher aus.

Erstes Ziel der Studie war die Entwicklung eines Testverfahren, das im Sinne eines optimierten Zuchtmanagements die Auswahl von Zuchttieren erleichtert, die frei von Verhaltensauffälligkeiten oder -störungen sind.

Die Eignungsprüfung dieses Verfahrens erfolgte durch eine kontrollierte Zucht, bei der die Kriterien Befruchtungsrate, Schlupfrate und Zahl der missgebildeten Nachkommen und Zahl der verhaltensgestörten Nachkommen als Maßstab dienten.

Parallel dazu erfolgte eine anatomisch basierte Kausalanalyse der Verhaltensstörungen. Damit ist gleichzeitig eine Validierung des entwickelten Testverfahrens verbunden.

Hierfür wurde die Hirnmorphologie der Landenten unter neuroanatomischen und morphometrischen Aspekten unter Bezugnahme von mehreren Vergleichsrassen analysiert. Die als Vergleich dienenden Entenrassen galten als verhaltensunauffällig.

Es wurden sowohl Anomalien des Schädeldaches, als auch die Hirnzusammensetzung präzisiert.

Durch die Anomalien im Hirn- und Verhaltensbereich (intrakraniale Fettkörper, Bewegungsstörungen) sind typische Besonderheiten im Hirnbau zu erwarten, die untersucht und interpretiert wurden. Eine Beschreibung der cerebralen Grundlage der Bewegungsstörungen wurde so ermöglicht. Durch die gegebene Problematik ließen sich vor allem Veränderungen der in die Motorik involvierten Hirnteile erwarten. Zudem wurden Größe und Häufigkeit eines intrakranialen Fettkörpers und ein erwarteter Einfluss auf die Hirn(teil)größe untersucht.

## **2. Material und Methode**

### **2.1. Rassebeschreibungen der untersuchten Tiere**

Die folgenden Rassebeschreibungen sollen als kurze Einführung der in der Arbeit untersuchten Rassen dienen. Sie sind dem „Deutschen Rassegeflügelstandard“ (BDRG, 2005) und den folgenden Büchern entnommen: „Der große Geflügelstandard in Farbe“ (Platzbecker, 2000), „Die Hausenten“ (Rudolph, 1978) und „Die Hausenten“ (Pingel, 1989).

#### **2.1.1. Landenten mit und ohne Haube**

Alle in dieser Arbeit untersuchten Rassen stammen von der wilden Stockente (*Anas platyrhynchos*) ab und unterscheiden sich in rassespezifischen Besonderheiten wie Form, Stand, Farbe und Haltung.

Da auf die Rasse Landente mit und ohne Haube schon in der Einleitung eingegangen wurde, werden hier nur kurz einige rassetypischen Besonderheiten aufgeführt.

Die Landenten (Abb. 6, 7) mit und ohne Haube stellten zunächst keine bewusste Züchtung dar, sondern ist seit Jahrhunderten in Europa bekannt und hat ihren Ursprung als Nutzente auf Bauernhöfen. Die Tiere mit Haube sind durch Mutation aus der glattköpfigen Landente hervorgegangen. Wie schon erwähnt wurde, ist das Merkmal der Haube schon früh züchterisch aufgegriffen und als Merkmal etabliert worden. Die Landente verkörpert als vollfleischige Ente mit guter Legeleistung den typischen Zvierassentyp. Mit dem Vordringen der schwereren Entenrassen nach der Mitte des 19. Jahrhunderts wurde die Landente mit und ohne Haube immer mehr aus der Wirtschaftszucht verdrängt. Mittlerweile wird sie nur noch von Liebhabern gezüchtet. Da bei der Zucht immer wieder haubenlose Tiere anfielen und auch diese als Ausstellungstiere genutzt werden sollen, wurde der ursprüngliche Name „Haubenente“ 1997 in die Bezeichnung „Landente mit und ohne Haube“ umgeändert. Beide Formen sind in allen bekannten Farbschlägen anerkannt.

Typisch sind die waagerechte Körperhaltung mit kräftigem Rumpf und der auffällig s-förmige Hals. Die Haube sollte auf dem Hinterkopf sitzen und mittelgroß, kugelförmig und aus festen Federn bestehend sein. Das Gewicht des Erpels liegt bei 2,5kg, das der Ente bei 2kg. Die Landente ist nicht flugfähig und nicht sehr brutfreudig.



Abb. 6: Landentenerpel mit Haube, weiß  
(Foto: Wolters, aus Oswald, 2006)

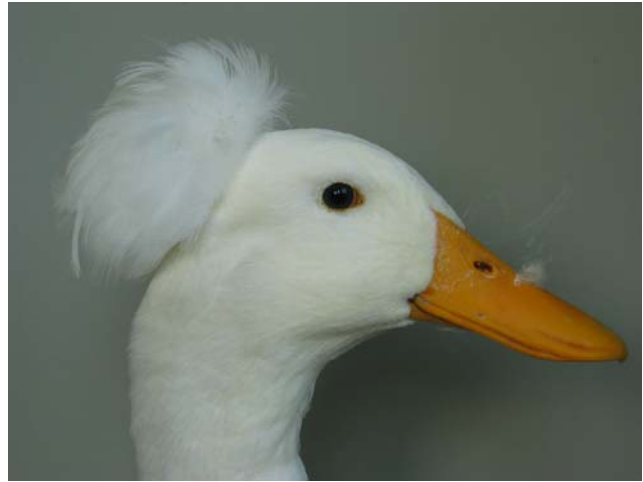


Abb.7: Kopfstudie eines Landentenerpels mit Haube

### **2.1.2. Hochbrutflugenten mit und ohne Haube**

Die Hochbrutflugente (Abb. 8) wurde gegen Ende des 19. Jahrhunderts von einem Ortsrichter aus Sachsen aus Land- und Stockenten gezüchtet, ist aber auch sporadisch durch zufälliges Zusammentreffen aus diesen beiden hervorgegangen. Sie ist etwas größer als die Stockente und auch flugfähig. Typisch sind ein bootsförmiger Rumpf und ein verhältnismäßig langer Schnabel an einem länglichen Kopf mit flacher Stirn. Als besondere Eigenart ist die namensgebende Vorliebe für erhöhte Nistplätze zu erwähnen, die nur bei dieser Rasse bekannt ist und schon von Beginn an züchterisch gefördert wurde.

Von dieser Rasse gibt es mittlerweile auch viele gehäubte Tiere (Abb. 9), die ebenfalls im Rassestandard anerkannt sind. Für die Haube gelten die gleichen Richtlinien wie bei den Landenten. Das Gewicht des Erpels liegt bei 1,5kg, das der Ente bei 1,25kg.

Neben den so genannten Ausstellungslinien der Hochbrutflugenten mit und ohne Haube, existiert eine Population von nahezu wildlebenden Hochbrutflugenten im Teufelsmoor in der Nähe von Bremen. Auch hier trägt ein Teil der Tiere eine Haube. Diese Tiere sind auf sich gestellt, es werden lediglich Nisthütten von den ortsansässigen Bürgern angeboten, aus denen dann je nach Bedarf Eier oder Küken entnommen werden können. Inwiefern diese Tiere von gezüchteten Hochbrutflugenten abstammen oder wie stark der Anteil von wildlebenden Stockenten in ihnen ist, ist unklar. Die Namensgebung beruht allein auf der Tatsache, dass



diese Tiere, lebensraumbedingt, erhöhte Nistplätze bevorzugen [Frahm und Rehkämper, 2004].



Abb. 8: Hochbrutflugentenerpel, wildfarbig mit Latz (Foto: Wandelt, aus Oswald, 2006)



Abb. 9: Hochbrutflugentenerpel mit Haube, blau-gelb

### **2.1.3. Streicherenten**

Diese Rasse kann als Abkömmling der khakifarbenen Campbellente bezeichnet werden, ist sie doch als Kreuzung aus dieser und weißer Laufenten hervorgegangen. Der Züchter Oskar Gray aus Großbritannien wollte die Legeleistung der Hausenten mit besserem Fleischertrag verbinden und so entstand diese Zwierasse, die 1926 nach Deutschland kam. Typisch für die Streicherente (Abb. 10) ist vor allem die aufgehellte Wildfarbe (silber-wildfarbig) die auch als einziger Farbenschlagn im Rassestandard anerkannt ist und bei der Bewertung im Vordergrund steht. Die Tiere zeichnen sich durch eine leicht aufgerichtete Körperhaltung und Frohwüchsigkeit aus. Das Gewicht des Erpels liegt bei 2,5kg, das der Ente bei 2kg.





Abb. 10: Streicherentenerpel, silber-wildfarbig  
(Foto: Wolters, aus Oswald, 2006)

#### **2.1.4. Pommernenten**

Die Pommernente (Abb. 11) stammt aus Vorpommern, das teilweise bis 1815 schwedisches Hoheitsgebiet war, weshalb sie bis in das 20. Jahrhundert auch als Schwedenente bezeichnet wurde. Im angelsächsischen Raum heißt sie noch heute „Swedish Duck“. Aus einem schweren Landententyp wurde ein mittelschweres Tier mit hoher Wachstumsintensität und hoher Fleischqualität gezüchtet. Es sind nur die Farbenschläge „Schwarz mit Latz“ und „Blau mit Latz“ anerkannt, was der Ente in der Gesamterscheinung auch den Namen „vornehme Ente im Frack“ eingetragen hat. Der schwarze Farbenschlag ist auch als Uckermärker Ente bzw. in Frankreich als Duclair-Ente bekannt geworden. Das Gewicht des Erpels liegt bei 3kg, das der Ente bei 2,5 kg.



Abb. 11: Pommernentenerpel, schwarz mit weißem  
Latz (Foto: Duus, aus Oswald, 2006)

## **2.2.           Untersuchte Tiere**

Die Untersuchungen wurden mit 8 männlichen und 6 weiblichen (kurz 8,6) Landenten aus der Zucht von Herrn Prager begonnen.

Diese Tiere dienten als Grundstock für die durchgeführten Untersuchungen. Im Jahr 2004 wurden aus Ihnen die Zuchtpaare zusammengestellt (siehe 2.3.4.). Ab dem Jahr 2004 wurde die zahlreiche Nachzucht dieser Stammtiere bearbeitet. Dazu wurden im Jahr 2005 noch 2,3 Landenten von Herrn Dopheide und im Jahr 2006 2,5 Landenten von Herrn Feldmeyer zur Verfügung gestellt.

In dem Landentenbestand waren nahezu alle Haubengrößen und auch glattköpfige Tiere vertreten.

Zeitweise enthielt der Tierbestand zusätzlich 3,3 Streicherenten, die als Vergleichsrasse bei den Experimenten im Jahr 2004 teilnahmen und auch in die hirnmorphologischen Untersuchungen eingegangen sind. Diese Tiere wurden von Herrn Austenfeld zur Verfügung gestellt.

Die Haltung und Zucht der Tiere erfolgte auf dem Gelände des Wissenschaftlichen Geflügelhofes des BDRG in Rommerskirchen-Sinceden. Dort wurden auch alle Verhaltensuntersuchungen durchgeführt, während die morphologischen Studien an der Universität Düsseldorf gemacht werden konnten (AG Verhalten und Gehirn, C. & O. Vogt Institut für Hirnforschung).

Von den Hochbrutflugenten wurden in dieser Arbeit im hirnmorphologischen Teil verschiedene Populationen untersucht, die nicht verwechselt werden dürfen. Dabei handelt es sich einmal um 5,5 **glattköpfige** Hochbrutflugenten aus einer rein glattköpfigen Ausstellungslinie, die nach Standardkriterien gezüchtet werden. Sie stammen von den Züchtern Herr Schellenberger (5,4 Tiere) und Herrn Pille (0,1 Tier). Die ebenfalls für Ausstellungen gezüchteten 3,1 Hochbrutflugenten **mit Haube** (im Verlauf der Arbeit auch als HBT Standard bezeichnet) stammen von dem Züchter Herr Christner. Ebenfalls wurden noch die Daten von 5,5 freilebenden Hochbrutflugenten **mit Haube** aus dem Teufelsmoor (siehe oben, HBT Teufelsmoor) genutzt. Diese wurden über Herrn Böse beschafft.

Die ebenfalls nur hirnmorphologisch untersuchten Pommernenten wurden über Herrn Meckenstock aus Ratingen beschafft.

Von den Pommernenten, den glattköpfigen Hochbrutflugenten und den glattköpfigen Hochbrutflugenten aus dem Teufelsmoor lagen bereits Schnittserien in der haustierkundlichen Sammlung der AG Verhalten und Gehirn am C. & O. Vogt Institut für Hirnforschung (Universität Düsseldorf) vor.

### **2.3. Verhaltenstests**

Angesichts der Tatsache, dass bei Landenten bisweilen motorische Probleme beobachtet werden können, wurden entsprechende Testungen vorgenommen.

Diese sollten dazu dienen, die motorische bzw. koordinative Leistungsfähigkeit der Tiere zu überprüfen. Dabei wurde Wert darauf gelegt, möglichst einfache und praxisnahe Testverfahren zu entwickeln, die nach Möglichkeit an interessierte Züchter weitergegeben werden können. Ziel war zum einen die Selektion geeigneter Zuchttiere und zum anderen die Überprüfung, ob sich latent vorhandene Defizite im motorischen Bereich bzw. neurologische Besonderheiten mit Verhaltensexperimenten nachweisen oder abrufen lassen.

Anfangs wurden verschiedene Testungen vorgenommen (z. B. Bewegungsverhalten in einem Geschicklichkeitsparcours oder nach Ganzkörperrotationen). Durch die Schwierigkeit, quantifizierbare Daten zu erhalten, etablierte sich schließlich der nachfolgend vorgestellte Umdrehtest mit seinen Modifikationen.

#### **2.3.1. Der Umdrehtest und seine Modifikationen**

Die Idee für diesen Test resultiert aus der Beobachtung, dass Tiere mit starken Koordinationsproblemen häufig auf den Rücken fallen und dann nicht mehr oder nur mit Schwierigkeiten wieder aufstehen können. Bei dem Test wurden die Tiere einzeln auf ebener Fläche auf den Rücken gelegt, kurz mit der Hand fixiert, dann losgelassen und die benötigte Zeit (mit einer Delta E200 von Hanhart) gemessen, die das Tier benötigte, bis es wieder fest auf seinen beiden Füßen stand (Abb. 12). Es wurde darauf geachtet, dass die Tiere direkt den Versuch unternahmen wieder aufzustehen. Anderenfalls wurde die Messung nicht gewertet.

Bei regungslos verharrenden Tieren wäre es ansonsten auch möglich, dass dies auf das Phänomen der tonischen Immobilität (Schreckstarre) zurückzuführen wäre. Bei extrem hohen Werten könnte man somit nicht unterscheiden, ob diese von einer Schreckstarre herrühren oder ob das Tier Probleme mit der Testbewältigung hatte.



Abb. 12: Durchführung des Umdrehtests an einer Landente.

Im Jahr 2004 wurde der Test mit dem Erstbestand von 8,6 Tieren aus 2003 und zusätzlich mit dem zu dem Zeitpunkt vorhandenen Bestand an 3,3 Streicherenten insgesamt zehnmal an jedem Tier durchgeführt. Anfangs erschien es sinnvoll, auch im Verhaltensbereich mit einer Vergleichsrasse zu arbeiten. Da das Ziel dieser Experimente jedoch eine Klassifikation der aktuellen Landentenpopulation war, wurde im weiteren Verlauf auf eine Vergleichsrasse verzichtet. Die Nachzucht 2004 wurde dem Experiment jeweils im Alter von 8 Tagen (Kükenflaum), 24 Tagen (Juvenalmauser) und 90 Tagen (fertige Befiederung) unterworfen. Im Alter von ca. sechs Monaten wurden alle Tiere noch einmal an einem Tag insgesamt zehnmal auf den Rücken gelegt, so dass 13 Einzelwerte pro Tier in die Wertung eingingen.

Im Jahr 2005 und 2006 wurde die Messfrequenz erhöht. Ab einem Alter von 8 Tagen wurde das Umdrehexperiment einmal wöchentlich an jedem Tier einmal durchgeführt, und zwar bis das Tier volle Befiederung ausgebildet hatte. Zusätzlich wurde auch in diesen Jahren vor der abschließenden Auswahl der Zuchttiere noch ein Test durchgeführt, bei dem die Tiere zehnmal hintereinander auf den Rücken gelegt wurden. An diesem Test nahmen dann auch

die von externen Züchtern erworbenen, adulten Tiere teil. Alle erhaltenen Werte gingen in die Auswertung mit ein.

Anfangs wurden mehrere Möglichkeiten der Auswertung (z. B. Aufstellung eines Konfidenzintervalles; Aufstellung eines Kriteriums für abweichendes Verhalten) zur Klassifikation der Landentenpopulationen durchgegangen. Diese zeigten sich bezüglich der angestrebten Überprüfung der Zuchteignung der Tiere als nicht hilfreich. Die folgende Auswertungsmethode erwies sich am vielversprechendsten und aussagekräftigsten. Bei der Auswertung dieses Tests wurden alle benötigten Zeiten bis zum Umdrehen herangezogen. Dafür wurde als erstes der Bestand in Erpel und Enten unterteilt und von jedem Tier der Mittelwert aller erhobenen Zeiten errechnet. Aufgrund der Mittelwerte wurden Ränge gebildet, bei denen das Tier mit dem niedrigsten („besten“) Mittelwert den Rang 1 zugeordnet bekam, das Tier mit dem zweitniedrigsten Mittelwert Rang 2 usw.. Dadurch entstand eine Rangfolge mit den Tieren an der Spitze, die beim Umdrehtest die durchschnittlich kürzeste Zeit benötigten. Die Auswahl der Zuchttiere aufgrund der erstellten Rangfolge wird in 2.3.2. noch näher erläutert.

#### **2.3.1.1.                    Bewegungsverhalten unter Stress**

Im Verlauf der Arbeit wurde häufiger die Beobachtung gemacht, dass einige Tiere unter der Einwirkung von Stress plötzlich anfallartig Koordinationsstörungen zeigten, die sonst nie beobachtet werden konnten. Als stressauslösend können Situationen wie das Einfangen, das Treiben in und aus dem Stall, das Zusammentreiben in ein kleines Gehege, das Versetzen in eine ungewohnte Umgebung und die Trennung von Artgenossen angesehen werden. Solch eine Situation sollte genutzt werden, um eventuell latent vorhandene motorische Probleme einzelner Tiere darzustellen. Für dieses Experiment wurden die Tiere einzeln aus der Gruppe herausgefangen (die Zeit bis zum Einfangen wurde notiert) und von der Gruppe isoliert in ein 1,26m x 1,26m x 0,8m großes Maschendrahtgehege neben dem Entengehege gesetzt. Hier verblieb jedes Tier drei Minuten und wurde durch fortwährendes Umrunden des Geheges durch den Experimentator und Rascheln mit einem leeren Futtersack zusätzlich belastet. Der ganze Vorgang wurde videographisch festgehalten. Nach Ablauf der drei Minuten wurde das Tier einmal auf den Rücken gelegt, die benötigte Zeit zum Umdrehen gemessen und

anschließend wieder ins Gehege gesetzt. Bei der folgenden videographischen Auswertung wurden eventuell auftretende Koordinationsprobleme wie Torkeln oder Schwanken notiert. Dabei waren vor allem die ersten Sekunden nach dem Einsetzen in das kleine Gehege bedeutsam, da das Tier durch das vorherige Einfangen schon aufgeregt und gestresst war. Außerdem fiel den ersten Sekunden, nachdem die Tiere aus der Rückenliegeposition wieder aufgerichtet waren, eine wichtige Bedeutung zu, da viele Tiere danach Probleme beim Ausbalancieren zeigten. Somit wurde bei der Auswertung der Versuchsaufbau in die drei Abschnitte „Nach dem Einwurf“, „Während des Tests“ und „Nach dem Umdrehtest“ eingeteilt. Koordinationsprobleme wurden mit einem „+“ vermerkt und am Ende zusammengezählt. Aufgrund der gezeigten bzw. nicht gezeigten motorischen Schwierigkeiten konnte eine Rangfolge aufgestellt werden. Tiere, die drei „+“ erhalten hatten, zeigten in allen drei Abschnitten Balancierungsprobleme und rückten an das Ende der Rangfolge. Da ein Tier aufgrund der drei Abschnitte nicht mehr als dreimal ein „+“ erhalten konnte, besetzten häufig mehrere Tiere denselben Rang. Damit jedes Tier einen eigenen Rang zugeordnet bekommen konnte, wurde auch die Zusammenrechnung der beobachteten Auffälligkeiten berücksichtigt. Dabei wog eine Ausbalancierung, bei der sich mit dem Schwanz oder dem Flügel abgestützt werden musste, schwerer als ein bloßes Seitwärtsstellen des Fußes, um die Balance wieder zu erlangen. Somit hätte ein Tier, welches zur Ausbalancierung Schwanz oder Flügel nutzt, einen schlechteren Rang zugeordnet bekommen, als ein Tier, welches nur den Fuß seitwärts stellte (auch wenn beide dieselbe Anzahl von „+“ hatten). Die Nutzung dieser Rangfolge für die Auswahl der Zuchttiere wird in 2.3.2. noch näher erläutert.

Die benötigte Zeit, die das Tier am Ende bis zum Aufstehen brauchte, ging ebenfalls in die Auswertung zur Auswahl der Zuchttiere mit ein (siehe 2.3.2.).

#### **2.3.1.2.                    Bewegungsverhalten bei Ausschaltung des visuellen Systems**

Störungen des Ganges sollten bei visueller Ausschaltung verstärkt werden.

Aus diesem Grund wurde jedes Tier mit verbundenen Augen in der Versucharena gefilmt. Die Augen der Tiere wurden von einer blickdichten, übergezogenen Kindersocke verdeckt (Abb. 13). Bei der Socke wurde vorher der vordere Teil abgeschnitten und sie wurde so über den Kopf des Tieres gezogen, dass sie die Augen völlig bedeckte, die Nasenlöcher jedoch frei



blieben. Bei einigen Tieren wurde die Maske vorne noch zusätzlich durch ein Stück Klebeband verengt. Gerade den glattköpfigen Tieren gelang es ansonsten häufiger, sich die Maske vom Kopf zu kratzen.



Abb. 13: Ente mit Maske in der Versuchsarena

Jedes Tier wurde einzeln, schon mit Maske versehen, aus ungefähr 40 cm Höhe in die Arena abgesetzt und sieben Minuten videographiert. In dieser Zeit wurde jedes Tier einmal auf den Rücken gelegt und dieser Wert wurde in die Auswertung zur Auswahl der Zuchttiere integriert (siehe 2.3.2.). Lang verharrende Tiere wurden bisweilen durch Anstupsen zur Bewegung animiert. Für die Alttiere aus 2003 wurden deskriptive Verhaltensprotokolle erstellt. Da diese für die Klassifizierung innerhalb der Landentenpopulation nicht hilfreich waren, wurde in den folgenden Jahren darauf verzichtet.

### **2.3.2. Zuchttierselektion aufgrund der Testergebnisse**

Die Daten aus den Verhaltenstests waren für die Zuchttierselektion in den Jahren 2005 und 2006 relevant.

Im Zuchtjahr 2004 wurden drei Erpel als Zuchttiere eingesetzt, die sich bisher weder in den Verhaltensexperimenten noch im Alltag als auffällig erwiesen hatten. Eine Zuchtente aus 2004 (Paar I) zeigte sich sowohl im Alltag als auch bei den Experimenten als auffällig, eine

weitere (Paar II) zeigte einmal in einer Stresssituation Gleichgewichtsprobleme. Die Zuchtente aus Paar III zeigte sich immer unauffällig.

Im Jahr 2005 und 2006 wurden die Tiere dann bewusst nach guten Testergebnissen verpaart. Erpel und Enten wurden getrennt ausgewertet, um jeweils die besten Tiere eines Geschlechts darzustellen.

Tabelle 1 zeigt exemplarisch den Aufbau einer typischen Tabelle von Erpeln aus dem Jahr 2005, nach der die Rangfolge erstellt wurde, die für die Zuchttierselektion ausschlaggebend war.

Aus dem Umdrehtest lag bereits eine durchschnittliche Umdrehzeit und damit ein vergebener Rang vor (Rang 1). Ebenso lag eine Rangfolge aus dem Test „Bewegungsverhalten unter Stress“ vor (Rang 3). Die Umdrehzeiten aus dem Test „Bewegungsverhalten unter Stress“ und „Bewegungsverhalten bei Ausschaltung des visuellen Systems“ (beide Tests wurden als stressbelastend angesehen) wurden zusammengefasst und für jedes Tier wurde ein Mittelwert errechnet (Spalte 4). Analog zu 2.3.1. wurde darauf basierend ebenfalls eine Rangfolge erstellt (Rang 2). Somit lagen pro Tier drei Ränge vor, von denen abschließend der Mittelwert errechnet wurde. Dieser ergab den Absolutrang, der als ausschlaggebend für die Auswahl als Zuchttier angesehen wurde.

Tab.1: Tabelle mit Testdaten und vergebenen Rängen

| <b>Tier</b> | <b>Mittelwert 1-13<br/>Umdrehtest</b> | <b>Rang<br/>1</b> | <b>MW Stress<br/>Umdrehzeiten</b> | <b>Rang<br/>2</b> | <b>Stresstest<br/>Rang 3</b> | <b>Absolutrang</b> |
|-------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------|
| 800         | 2,8s                                  | 7                 | 1,5s                              | 7                 | 1                            | 5                  |
| 808         | 3,1s                                  | 13                | 3,6s                              | 19                | 14                           | 15                 |
| 822         | 2,4s                                  | 5                 | 1,6s                              | 8                 | 7                            | 7                  |
| :           | :                                     | :                 | :                                 | :                 | :                            | :                  |
| :           | :                                     | :                 | :                                 | :                 | :                            | :                  |

Für die Zucht wurden ausschließlich Tiere der obersten Ränge eingesetzt.

Zudem wurde noch darauf geachtet, dass nicht eventuell nah verwandte Tiere miteinander verpaart wurden. Um auszuschließen, dass die beobachtete Problematik auf Inzucht zurückzuführen sein kann, wurde auf Geschwisterpaarung oder die Verpaarung Tiere gleichen Farbschlags eines Züchters verzichtet. Aus dem gleichen Grund wurden jedes Jahr Tiere eines anderen Züchters dem Bestand hinzugefügt und in die Experimente und die Zucht integriert. Im Jahr 2005 wurde mit fünf Zuchtpaaren gezüchtet, im Jahr 2006 mit drei Zuchtpaaren.



### **2.3.3. Statistik**

Alle in dieser Arbeit erhobenen Messwerte wurden entweder in Microsoft Excel 2003 oder SigmaPlot 9.0 verarbeitet.

Für die in dieser Arbeit benötigte Inferenzstatistik wurden die Programme SigmaStat 3.1., SsS und Statistica verwendet.

Die deskriptive Statistik wie die Berechnung von Mittelwerten, Standardabweichungen, Standardfehler und Vertrauensintervall ebenso wie die Graphen wurden mit SigmaPlot 9.0 erstellt.

Bei der Berechnung der Signifikanzen in den Verhaltensexperimenten wurden die Stichproben als erstes auf Normalverteilung getestet und sich danach für einen parametrischen oder nicht-parametrischen Test entschieden. Lag keine Normalverteilung vor, wurde bei zwei unabhängigen Variablen aus zwei Stichproben der Mann-Whitney-Rangsummentest angewandt. Lag eine Normalverteilung vor, konnte der t-Test verwendet werden. Es lagen immer Intervalldaten vor, das Datenniveau musste somit nicht weiter beachtet werden. Bei den Korrelationsanalysen wurden zweierlei Tests angewendet. Lagen z. T. Ordinaldaten vor (hier: Ränge), so wurde der Spearman-Korrelationstest angewendet, lagen Intervalldaten vor, konnte der teststärkere Pearson-Korrelationstest angewendet werden.

Das Signifikanzniveau wurde für alle Berechnungen in dieser Arbeit auf  $\alpha=0,05$  festgelegt.

### **2.4. Protokollierung der auffälligen Tiere**

Alle Tiere wurden im täglichen Umgang und gerade während des Wachstums und bei stressauslösenden Situationen intensiv beobachtet, um eventuelle Verhaltensauffälligkeiten oder auch pathologische Erscheinungen sofort zu registrieren. Zeigte ein Tier Verhaltensauffälligkeiten, so wurden Art, Dauer und Zeitpunkt der Auffälligkeit sofort notiert und das betreffende Tier gesondert markiert. Ab diesem Zeitpunkt erfolgte verstärktes Monitoring für dieses Tier und wenn möglich wurden die beobachteten Auffälligkeiten videographiert. Wurden die beobachteten Störungen so stark, dass ein normales Fress- und

Trinkverhalten nicht mehr möglich war, so wurde das Tier entweder dekapitiert oder, wenn es älter als 6 Wochen war, perfundiert. Waren die beobachtbaren Störungen tolerierbar, so dass sich augenscheinlich keine starken Einschränkungen für das Tier ergaben, wurde das Tier, bis es ausgewachsen war, bei der Herde gelassen und dann schnellstmöglich der anatomischen Untersuchung und Sammlung zugeführt. Aus diesem Grund nahmen einige verhaltensauffällige Küken nicht an allen Experimenten teil.

## **2.5. Zucht**

### **2.5.1. Randbedingungen, Infrastruktur**

Für die Zuchtsaison 2004 wurden drei Einzelgehege für jeweils 1,1 Landenten mit Haube angefertigt. Bei den Gehegen handelt es sich um 4,3m x 2,6m große, mit Maschendraht eingezäunte Wiesenvierecke, die sich innerhalb des großen Entengeheges mit dem Teich befinden. Jedes Gehege verfügt über ein mit Stroh ausgelegtes Holzhäuschen mit den Maßen 68cm x 62cm und ein im Boden eingelassenes Badebecken mit den Maßen 110cm x 95cm. Zusätzlich war jedes Gehege mit einer 5l Stülptränke und einen Steingutfressnapf ausgestattet. Für die nachfolgenden Zuchtjahre wurden zwei weitere gleichartige Zuchtgehege eingerichtet. Die Zuchtpaare wurden während der Zuchtsaison einmal am Tag mit Muskator EGZ gefüttert, welches auch schon vorher verabreicht wurde und den Tieren bekannt war. Einmal am Tag wurde zusätzlich etwas Salat gefüttert. Die einzelnen Paare wurden im Frühjahr gegen Ende März Anfang April zusammengestellt und in die jeweiligen Gehege gesetzt. Alle Tiere kannten sich schon vorher aus der Gemeinschaftshaltung in einem großen Freigehege mit Teich her. Um eine sichere Befruchtung und Zuordnung zu dem angepaarten Erpel zu gewährleisten, wurde mit der Sammlung der Eier erst 10 Tage nach dem Zusammensetzen der Paare begonnen.

### **2.5.2. Brutparameter**

Die Bruteier aus den Einzelgehegen wurden täglich eingesammelt und ihre Anzahl notiert. Die Lagerung erfolgte mit der Spitze nach unten bei ca. 8°C - 14°C. Vorher wurden sie mit der Gehegenummer und dem Legedatum beschriftet. Alle zehn Tage wurden die Eier

gesammelt und als eine Charge in eine Brutmaschine der Firma Heka, Modell Paris eingelegt. Die Temperatur im Brutabteil betrug 37,8°C und die Luftfeuchtigkeit 62%. Alle 120 Minuten wurden die Eier 3 Minuten lang gewendet und alle 24 Stunden wurde das Brutabteil für 45 min gekühlt. Nach einer Woche wurden die Eier geschieft und unbefruchtete und abgestorbene Eier aussortiert. Am 25. Tag kamen die Eier in das Schlupfabteil. Vorher wurde noch einmal geschieft und evtl. aussortiert. Im Schlupfabteil betrug die Temperatur 37,5°C.

Die Feuchte wurde am 25. Tag auf 72% eingestellt, am 26. Tag betrug sie 81% und am 27. und 28. Tag 85%. Gewendet und gekühlt wurde nicht mehr.

Aufgrund der anfangs sehr schlechten Schlupfrate wurden die Eier ab dem 2.6.04 in der Vorbrutphase erst ab dem 5. Tag gekühlt und von diesem Zeitpunkt an auch einmal am Tag mit kaltem Wasser besprüht. Im Schlupfabteil wurden nun die Eier mindestens zweimal am Tag stark besprüht.

Die Eier der nichtgeschlüpften Küken wurden am 32. Tag geöffnet und untersucht (siehe 2.3.6.).

### **2.5.3.        Aufzuchtbedingungen**

Nach dem Abtrocknen wurden die geschlüpften Küken in eine Aufzuchtbox der Fima Hemel mit einer Temperatur zwischen 30°C – 34°C gesetzt. Von Anfang an wurde frisches Wasser und Muskator EGSA (Kükenstarter) angeboten. Im Alter von 1-2 Tagen wurde jedes Küken fotografisch porträtiert und individuell entweder mit Farbringen oder durch Markierung der Schwimmhäute markiert.

Je nach Witterung und Anzahl blieben die Küken 1-5 Tage in der Aufzuchtbox. Danach kamen sie in den mit einer Wärmelampe ausgestatteten Außenstall. Bisweilen wurden auch Gruppen verschiedenen Alters zusammengesetzt. Je nach Witterung wurde von Anfang an stundenweise Freigang mit einer Schwimmgelegenheit geboten. Im Alter von 3-4 Wochen wurden alle Tiere mit geschlossenen, nummerierten Bundesringen beringt. Hatten die Tiere ihre Mauser beendet und ein fertiges Federkleid (etwa im Alter von 6 Wochen), so verblieben sie komplett im Freigehege und bekamen Zugang zu dem Teich.

#### **2.5.4.           Untersuchte Parameter**

Für jedes Zuchtpaar wurde eine Liste erstellt, auf der Eianzahl, Befruchtungsrate, Schlupfrate, Pathologie der ungeschlüpften Küken und Anzahl der Küken mit Verhaltensauffälligkeiten aufgelistet wurde.

#### **2.5.5.           Nichtgeschlüpfte Tiere**

Die nichtgeschlüpften Küken wurden am 32. Tag aus dem Ei präpariert (die normale Brutzeit beträgt 28 Tage) und auf Extremitätenanomalien und phänotypisch eindeutige Schädelanomalien untersucht. Ebenso wurden Beobachtungen zur Luftkammer und zur Lage im Ei protokolliert. Anschließend wurden jedes Tier dekaptiert und fotografiert.

#### **2.5.6.           Statistik**

Die in 2.4. erhobenen Daten wurden statistisch mittels des Chi<sup>2</sup>-Tests verglichen. Da dieser Test teststärker als der ebenfalls mögliche G- Test oder die Extension des Fisher-Tests ist, wurde ihm der Vorzug gegeben. Der Chi<sup>2</sup>-Test ist ein nicht-parametrisches Testverfahren, welches zwei unabhängige Stichproben auf Nominaldatenniveau miteinander vergleicht.

Das Züchten und Halten der Tiere erfolgte mit der Erlaubnis nach §11 Abs. 1 Nr. 1b des Tierschutzgesetzes, Aktenzeichen 39.1-21-50.

### **2.6.           Hirnmorphologische Untersuchungen**

#### **2.6.1.           Untersuchte Tiere**

In die hirnmorphologischen Untersuchungen gingen 135 Landenten ein. Dazu zählen alle Tiere aus dem Jahr 2003 (Erstbestand) und ein Großteil der Tiere aus 2004 und 2005. Die Gehirne dieser Tiere wurden herauspräpariert, makromorphologisch beurteilt und gewogen. Von 26 Landentengehirnen liegen fertige Schnittserien mit volumetrischen Daten vor. Für den allometrischen Vergleich wurden die Gehirne von 3,3 Streicherenten, 3,1 Hochbrutflugenten mit Haube (Ausstellungslinie), 5,5 Hochbrutflugenten mit Haube

(Teufelsmoor), 5,5 glattköpfige Hochbrutflügler und 5,5 Pommernenten in die Auswertung mit einbezogen (siehe 2.6.2.4.). Alle Gehirne durchliefen die unten beschriebene Behandlung.

## **2.6.2. Methode**

Für die histologische Auswertung wurden nur adulte Tiere genutzt. Das Verfahren beginnt mit der Einschläferung der Tiere durch eine Tierärztin in den Operationsräumen der Tierversuchsanlage Düsseldorf, wo auch die Perfusion stattfindet. Die Präparation und die folgende Aufbereitung fanden im Labor der AG Verhalten und Gehirn, C. & O. Vogt Institut für Hirnforschung statt. Vor der Einschläferung wurde jedes Tier fotografisch portraitiert. Die Haubengröße der Tiere mit Haube wurde nicht näher bestimmt, da erwiesenermaßen kein Zusammenhang zwischen Haubengröße und den beobachteten Problemen besteht [Frahm et al., 2001].

### **2.6.2.1. Perfusion**

Vor dem Einschläfern wurden die Tiere mit einer Injektion aus Ketanest (2 ml) und Rompun (1 ml) in den Brustmuskel betäubt. Die eigentliche Einschläferung erfolgte mittels Eutha 77 (2 ml/kg Körpergewicht), welches intrapulmunal injiziert wurde. Mit einem Stethoskop wurde der eingetretene Herzstillstand bestätigt. Die anschließende Gewichtsbestimmung erfolgte mit einer Rhewa Neigungswaage. Nach dem Öffnen des Brustkorbes und dem Abklemmen der Flügelvene beider Seiten erfolgte das Entfernen des Perikards. Mittels einer Knopfkanüle in der linken Herzkammer und dem Öffnen des rechten Vorhofes konnte vorgespült und das Blut ausgewaschen werden. Dafür wurde physiologische Kochsalzlösung benutzt. Über den gleichen Weg wird mit Bodianlösung (80%iger Alkohol, Eisessig, Formaldehyd) vorfixiert [Romeis, 1989]. Die weitere Perfusion verläuft nur mit Bodianlösung direkt über die Aa. carotis. Schließlich wird das Tier decapitiert, die Haut und Muskulatur abpräpariert und der Kopf in Bodianlösung eingelegt. Die folgende Präparation und Wägung des Gehirnes erfolgte innerhalb von zwei Stunden nach der Perfusion. Bis dahin finden keine Veränderungen des Frischgewichts statt [Wree, 1986]. Dividiert man das Frischgewicht durch das spezifische Gewicht von Hirngewebe ( $1,036 \text{ g/mm}^3$ ) erhält man das Frischvolumen [Stephan et al., 1988]. Die Präparation begann mit der Abtragung der Schädelbasis. Hierbei ist gewährleistet, dass die ein- und austretenden Nerven an definierten Stellen abgesetzt werden können und nicht

bei der Freilegung abreißen und dabei Hirngewebe beschädigen. Auch kann so das pneumatisierte Knochengewebe leicht überall entfernt werden. Die Nervi optici wurden nah am Chiasma opticum auf eine Länge gebracht, die dessen Breite entspricht. Das Rückenmark wurde kurz unter dem Ende der Medulla oblongata so abgetrennt, dass der Rückenmarksrest ebenso lang wie breit war. Auffälligkeiten am Schädeldach wurden ebenfalls notiert. Nach der Präparation wird das Frischgewicht des Gehirns genommen und es anschließend drei Tage in Bodianlösung nachfixiert.

#### **2.6.2.2.      Anfertigung von Schnittserien**

Nach Ablauf der drei Tage Nachfixierung in Bodianlösung wurde jedes Gehirn in von dorsal, ventral und lateral fotografiert und dann über eine aufsteigende Alkoholreihe entwässert. Der Vorgang dauert sechzehn Tage, wobei das Gehirn am 9. Tag noch zusätzlich mit Eosin angefärbt wird. Nach der Entwässerung verbleibt das Gehirn 24 Stunden in einem Intermedium (Methylbenzoat). Dieses löst den Alkohol und kann aber, im Gegensatz zum Alkohol, vom darauf folgenden Paraffin herausgelöst werden. In den folgenden sechs Tagen wird das Gehirn in mehreren Stufen in flüssiges Paraffin eingelegt und schließlich in einem Paraffinblock ausgegossen. Nach 24stündiger Aushärtung erfolgt das Schneiden in frontaler Ebene mit einem Rotationsmikrotom Leica 20/65 in 20µm Schnitte. Pro Gehirn fallen ca. 1500-2500 Schnitte an, von denen ca. 250 mit Gelatine als Klebemittel auf Objektträger aufgezogen werden. Vor der folgenden Zellkörperfärbung (Versilberung nach Gallyas, 1971) werden die Schnitte auf den Objektträgern 24 Stunden in Formalindampf gehärtet und am folgenden Tag erst mit Xylol entparaffiniert und anschließend einer absteigenden Alkoholreihe ausgesetzt. Die Vorbereitung auf die Versilberung nimmt ebenfalls mindestens einen Tag in Anspruch und wird mit Aqua dest., 4%iger Ameisensäure und einer Lösung, die aus Aqua dest., Ameisensäure und Wasserstoffperoxid besteht durchgeführt. Die eigentliche Versilberung erfolgt über mehrere Stufen innerhalb eines weiteren Tages. Dabei werden zum Schwenken Stammlösungen verwendet die Silbernitrat enthalten, 1%ige Essigsäure um die Schnitte nachzuschwärzen und ein Schwarz-weiß-Film Fixierer von Kodak. Entwässert wird wieder mit einer aufsteigenden Alkoholreihe und aufgehellt mit Xylol. Schließlich werden die

Schnitte mit DePeX zur Konservierung eingedeckt und zwei Tage getrocknet. Nach der Beschriftung der Objektträger ist die Gehirnschnittserie nun zur Messung bzw. volumetrischen Analyse bereit.

### **2.6.2.3. Volumetrische Vermessung des Gehirns**

An den vorliegenden Schnittserien wurden volumetrische Messungen an Hirnteilen durchgeführt. Die Abgrenzungen der einzelnen Hirnteile wurde nach Rehkämper [1988] vorgenommen. Die Abbildungen 14-16 zeigen beispielhaft die Abgrenzungen der untersuchten Hirnstrukturen anhand eines Schnittes aus dem anterioren, dem medialen und dem posterioren Bereich eines Entengehirnes.

Für die Pommernenten, die glattköpfigen Hochbrutflügenten und die Hochbrutflügenten mit Haube aus dem Teufelsmoor wurden mit einer Camera lucida die einzelnen Hirnschnitte in neunfacher Vergrößerung auf einfache DIN A4 Blätter übertragen und abgezeichnet.

Anschließend wurden die Bleistiftzeichnungen noch einmal auf einem Digitizer-Tablett (Jandelscan-System) umfahren und die erhaltenen Flächen manuell auf Frischvolumina umgerechnet. Dies beinhaltet u.a. das Einbeziehen eines Schrumpfungsfaktors, der sich aus der Division von gemessenem Wert aus der Schnittserie und gewogenen Frischvolumen ergibt.

Bei den Schnitten aller Landenten, der Streicherenten und denen der vier Hochbrutflügenten mit Haube (Ausstellungslinie) wurden mittels einer Camera lucida die einzelnen Hirnschnitte in neunfacher Vergrößerung auf „Optik-Paper“-Blätter eines „Oxford Office Easybook“ (Ref. Nr.: 770104) projiziert und konnten dann direkt mit einem Logitech „IO-Pen“ umfahren werden. Auf diese Art und Weise wurde bei beiden Messmethoden eine Gesamtumfahrung vorgenommen und die Vermessung 15 einzelner Hirnareale (siehe unten) durchgeführt. Je nach Größe der zu zeichnenden Struktur lag die Zeichenfrequenz bei jedem 2.-10. Schnitt, so dass für die Berechnung mindestens sechs gezeichnete Flächen zur Verfügung standen und somit der Fehler unter 2% lag [Zilles et al., 1982]. Die aufgenommen Daten konnten durch den digitalen „IO-Pen“ direkt an das Computerprogramm NucleoScope übermittelt werden, mit dem dann die Berechnung auf das Frischvolumen bzw. die Volumenkalkulation der einzelnen Strukturen erfolgte [Mpotsaris, 2006]. Eine zusätzliche Umfahrung am Digitizertablett und die manuelle Berechnung der Volumina waren somit nicht mehr nötig.



Folgende Strukturen wurden neben dem Gesamthirn vermessen (Nomenklatur nach Reiner et al., 2004):

Fettkörper (wenn vorhanden) (F)

Hyperpallium apicale (Ha)

Hyperpallium densocellulare (Hd)

Mesopallium (M)

Nidopallium (N)

Globus pallidus/Laterales Striatum (GP/StL)

Bulbus olfactorius (B)

Area präpiriformis (Prp)

Septum (S)

Hippocampus (Hi)

Tractus opticus (TrO)

Tectum (Tc)

Diencephalon (D)

Tegmentum (Tg)

Cerebellum (C)

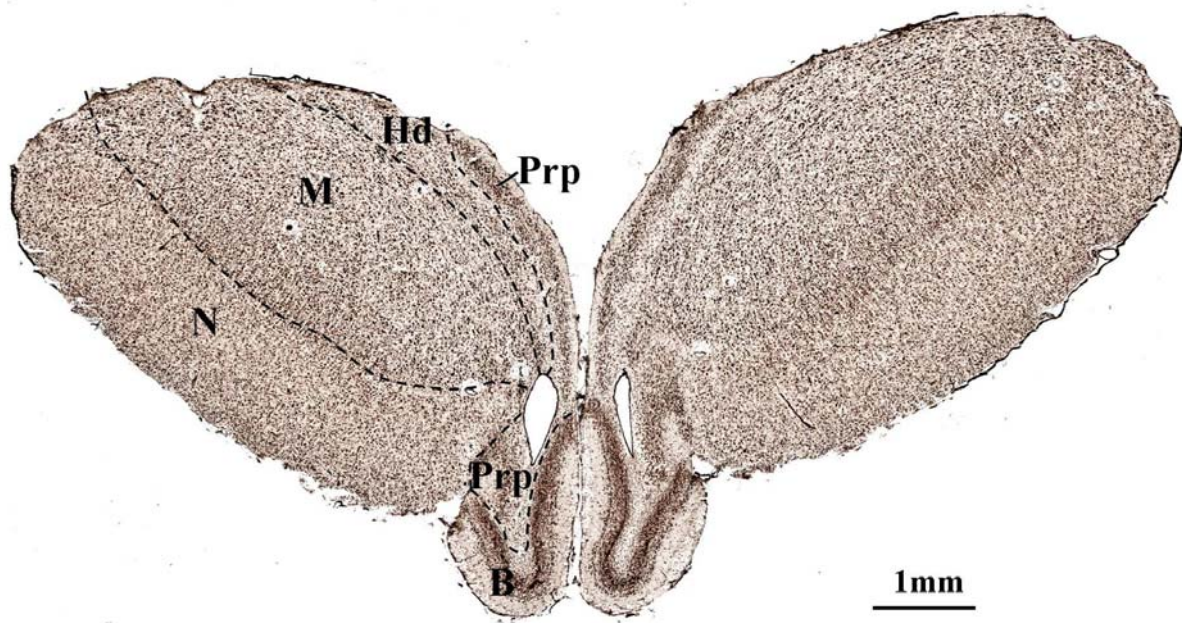


Abb. 14: Schematische Darstellung der Abgrenzungskriterien der vermessenen Strukturen im anterioren Bereich eines Entengehirns: B=Bulbus olfactorius, Prp= Area Präpiriformes, Hd=Hyperpallium densocellulare, M=Mesopallium, N=Nidopallium



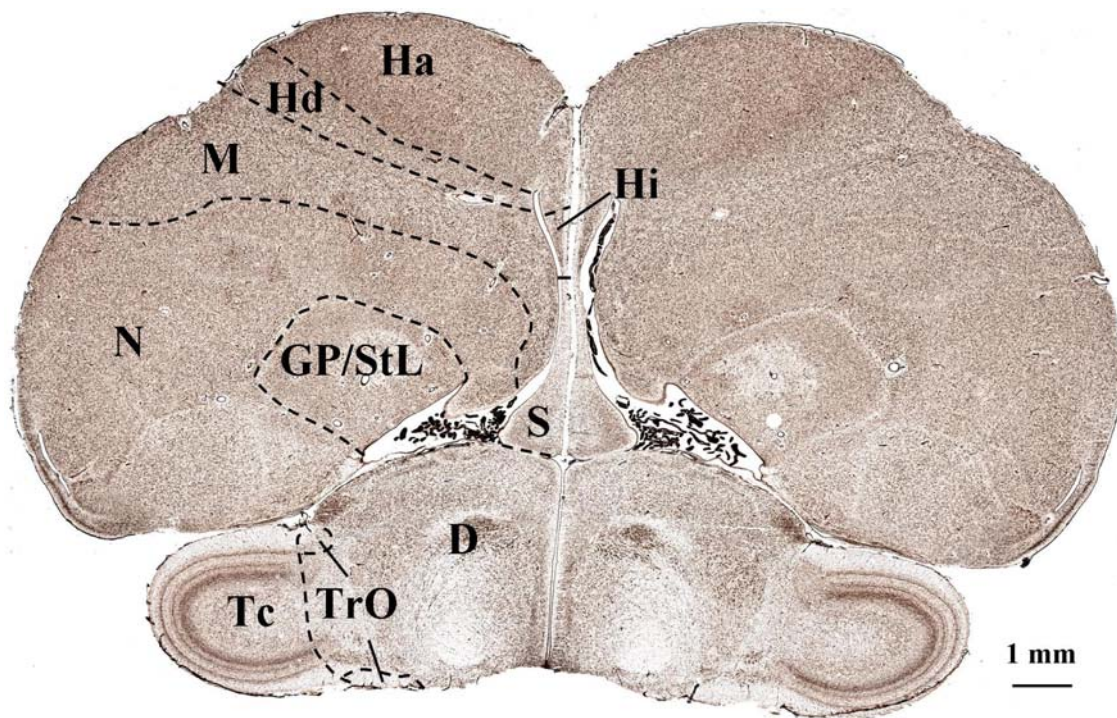


Abb. 15: Schematische Darstellung der Abgrenzungskriterien der vermessenen Strukturen im medialen Bereich eines Entengehirns: Ha=Hyperpallium apicale, Hd=Hyperpallium densocellulare, M=Mesopallium, N=Nidopallium, GP/StL=Globus pallidus/Laterales Striatum, Hi=Hippocampus, S=Septum, D=Diencephalon, TrO=Tractus opticus, Tc=Tectum

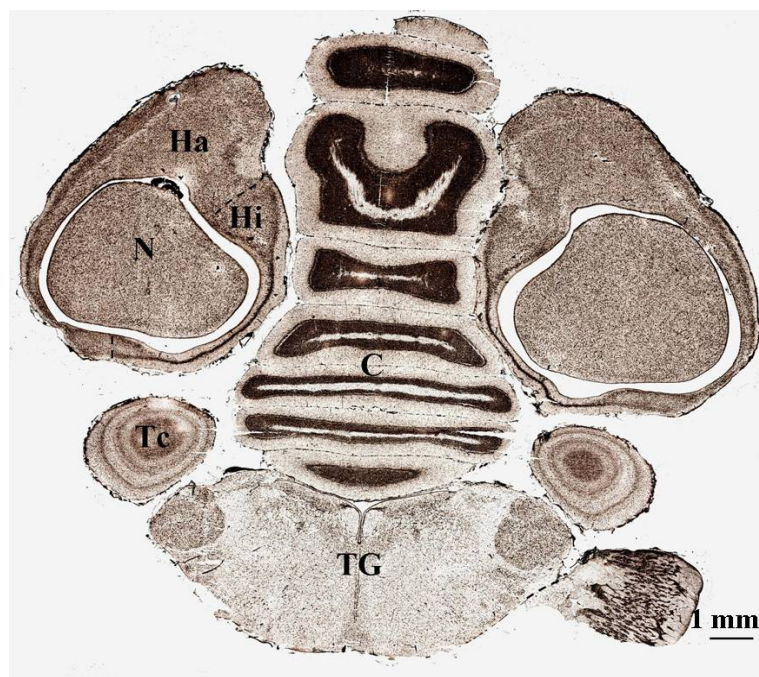


Abb. 16: Schematische Darstellung der Abgrenzungskriterien der vermessenen Strukturen im posterioren Bereich eines Entengehirns: Ha=Hyperpallium apicale, N=Nidopallium, Hi=Hippocampus,

Tc=Tectum, Tg=Tegmentum, C=Cerebellum

#### **2.6.2.4. Auswertung/Statistik**

Für den Vergleich der Hirnvolumina wurde mit allometrischen Methoden gearbeitet [Snell, 1892; Dubois, 1914; Stephan, 1960; Clutton-Brock, 1980; Harvey, 1988]. Die Beziehung zwischen Körpergewicht und Hirnvolumen bzw. Strukturvolumen wurde in doppelt logarithmischer Form aufgetragen. Anschließend wurde eine lineare Regressionsgerade durch die Datenpunkte aller Tiere von den Landenten, den Hochbrutflugenten (glattköpfig), den Streicherenten und den Pommernenten gelegt.

Diese so genannte intraspezifische Hirnallometrie drückt die Variation des Hirngewichts innerhalb einer Population von Individuen mit Unterschieden im Körpergewicht aus. Dabei ist eine Integration von Vergleichsrassen unterschiedlicher Körpergröße wichtig, da eine geeignete Bezugsbasis mit einheitlichem Anstieg (hier für Hausenten) hergestellt werden muss. Diese ist umso repräsentativer, je größer die Bandbreite des Körpergewichts der integrierten Tiere ist [Stephan et al., 1986]. Die ausgewählten Rassen wurden aufgrund ihrer Unterschiede im Körpergewicht ausgewählt (Hochbrutflugenten als Vertreter einer leichten Rasse, Pommernenten als Vertreter einer schweren Rasse und Streicherenten als im Gewicht dazwischenliegend). Die damit von der Körpergröße möglichst unabhängigen Unterschiede in der Hirn(teil)größe, sind jene, die erfasst und nach Möglichkeit interpretiert werden sollen.

Aufgrund der Funktionsgleichung dieser errechneten Regressionsgerade konnten Größenindices (I) berechnet werden, die den Abstand jedes individuellen Wertes von der Regressionsgerade beschreiben [Stephan et al., 1988]. Jeder Wert auf der Regressionsgeraden würde einem I von 100 entsprechen, so dass z. B. ein I von 200 bedeutet, dass diese Struktur doppelt so groß ist, wie es aufgrund der Regressionsgerade zu erwarten wäre. Diese Indices der Landenten und der Vergleichsrassen konnten gemittelt und statistisch mit dem t-Test verglichen werden (dabei wurden die vier Vergleichsrassen zu einer Referenz- oder Vergleichsgruppe zusammengefasst).

Die Berechnungen wurden auch unter Integration der Hochbrutflugenten mit Haube aus dem Teufelsmoor und aus der Ausstellungslinie durchgeführt. In wiefern man die Tiere aus dem Teufelsmoor jedoch als vollständig domestizierte Hausenten bezeichnen kann ist fraglich, ebenso wie die Bestimmung eines möglichen Wildentenanteils in den Tieren. Da beide Rassen eine Haube und Fettkörper aufwiesen wurden sie separat in die allometrischen Analysen integriert.

Der Chi<sup>2</sup>-Test und der Pearson-Korrelationstest wurden ebenfalls angewendet. Der Chi<sup>2</sup>-Test errechnete mögliche Unterschiede zwischen den Tieren mit Schädelanomalien verschiedener Zuchtjahre, der Pearson-Korrelationstest wurde zwischen Fettkörpervolumen und Hirn(teil)volumen durchgeführt.

Um mehrere Merkmale eines Individuums gleichzeitig zu überprüfen, bieten sich multivariate Techniken wie die Clusteranalyse an. Ziel der hier genutzten hierarchischen Clusteranalyse ist es, Objekte aufgrund ihrer Ähnlichkeit bezüglich der gemessenen Variablen zu Gruppen (Clustern) zusammenzufassen. Dabei geht es um die Analyse einer heterogenen Gesamtheit von Objekten (hier Enten verschiedener Rassen mit möglichen Unterschieden in der Hirnzusammensetzung), mit dem Ziel, homogene Teilmengen von Objekten aus der Objektgesamtheit zu identifizieren.

Damit wird die Möglichkeit gegeben, volumetrische Unterschiede in allen untersuchten Hirnstrukturen gleichzeitig zu berücksichtigen und so eine Homo- bzw. Heterogenität innerhalb einer Rasse zu überprüfen. Alle Datenpunkte (Merkmale, Hirnstrukturen) eines Individuums werden in einem multidimensionalen Raum aufgetragen und verrechnet. Die übliche Darstellung erfolgt im Dendrogramm, wo auf der y-Achse der Abstand als Euklidische Distanz zwischen den Clustern abzulesen ist. Je früher zwei x-Punkte miteinander verbunden sind, desto ähnlicher sind sie sich.

Um Gruppierungen allein aus dem Umstand, dass größere Tiere größere Gehirne/Hirnstrukturen haben auszuschließen, wurden bei allen 66 untersuchten Tieren (inklusive den Hochbrutflugenten Standard und Teufelsmoor) alle 14 Hirnteile (exklusive Fettkörper) in Prozentangaben zum Nettohirnvolumen transferiert.

Diese Anzahl der untersuchten Variablen bildet den multidimensionalen Raum.

In der Analyse wurde der Algorithmus nach Ward benutzt und mit Euklidischen Distanzen gerechnet, die die Stellung des einzelnen Datenpunktes zu den anderen Datenpunkten in dem hier 14 dimensionalen Raum beschreiben. Mit dem Abstandsmaß nach Ward wird eine gleichmäßige Besetzung von Gruppen begünstigt. Ebenso wird die Heterogenität in den Gruppen berücksichtigt.

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1. Verhaltensuntersuchungen**

##### **3.1.1. Umdrehtest**

Mit dem Erstbestand der Enten aus 2003 wurde der Umdrehtest insgesamt zehnmal pro Tier durchgeführt. Von den gesammelten Werten wurde der Mittelwert errechnet. Der Mittelwert liegt hier bei  $0,95s \pm 0,58$ . Die Ente, die im Zuchtjahr 2004 den weiblichen Teil des Zuchtpaares I ausmachte und bei Stresssituationen mehrmals Bewegungsstörungen zeigte, benötigte durchschnittlich 2,58s. Zuchtente II zeigte im Vorfeld einmalig Bewegungsstörungen in einer Stresssituation und benötigte durchschnittlich 1,44s. Die verhaltensunauffällige Zuchtente des Paares III benötigte durchschnittlich 0,65s, bis sie wieder auf den Füßen stand und die ausgewählten, verhaltensunauffälligen, Erpel benötigten durchschnittlich 0,68s.

Abbildung 18 zeigt exemplarisch die Durchschnittszeit aus dem Umdrehtest (ohne die Integration der Werte aus 3.1.2. und 3.1.3.) und den aufgrund dessen vergebenen Rangs der Nachzucht 2004, aus der die Zuchttiere für 2005 selektiert werden sollten. Es wird deutlich, dass bei den hinteren Rängen größere Sprünge bezüglich der Umdrehzeit auftreten, während die Durchschnittswerte der „ranghöchsten“ Tiere nur wenig differieren. Dies ist ein Umstand, den man regelmäßig bei der Auftragung der Zeiten beobachten konnte. Nach Integration der Werte aus 3.1.2. und 3.1.3. und des deskriptiv vergebenen Ranges aus 3.1.3. konnte es bei der Auswahl der Zuchttiere noch zu Änderungen kommen. Der gemittelte Rang aus allen Experimenten war ausschlaggebend für die Auswahl als Zuchttier (siehe 3.2.). Die Werte der hier aufgezeichneten Erpel liegen etwas unter denen der Enten, unterscheiden sich aber nicht signifikant (siehe auch Abb. 20).

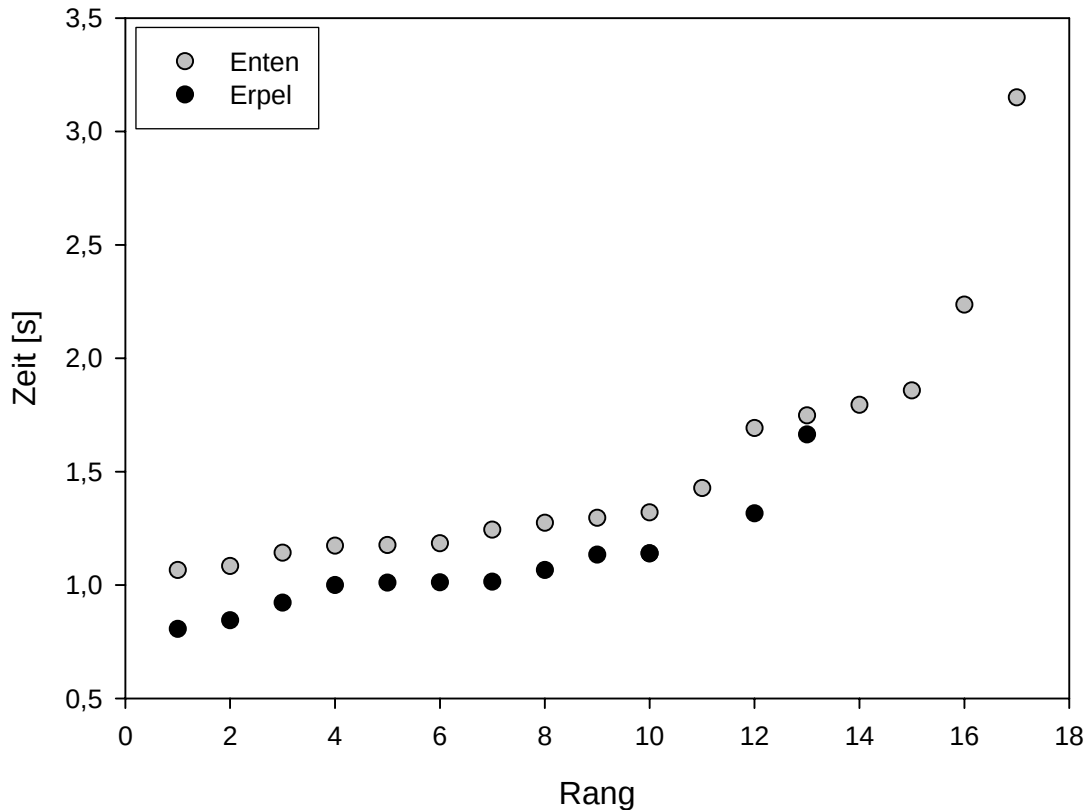


Abb. 18: Durchschnittliche Zeit aus den Umdrehexperimenten 3.1.1. gegen den vergebenen Rang der Nachzucht 2004 (12 Erpel, 17 Enten).

Mit dem Beginn des Umdrehexperiments im Kükenalter und der Integration der Umdrehzeiten aus 3.1.2. und 3.1.3. erhöhen sich die Durchschnittszeiten für den Umdrehtest ebenso wie die Streuung.

2004:  $4,12s \pm 16,86$  (schnellstes Tier: 0,4s, langsamstes Tier: 220s)

2005:  $3,41s \pm 11,21$  (schnellstes Tier: 0,34s, langsamstes Tier: 177,8s)

Dies wurde insofern nicht weiter beachtet, da für die Auswahl der Zuchttiere nicht der Absolutwert sondern nur der daraus resultierende Rang ausschlaggebend war. Aus diesem Grund wurden auch keine weiteren Berechnungen z. B. bezüglich möglicher Unterschiede zwischen den Jahren oder bezüglich schlechterer Ergebnisse im Kükenalter angestellt. Wichtig war nur das Verhältnis zu den anderen Gruppenmitgliedern des eigenen Jahrgangs.

Mit der Nachzucht 2004 wurde an 26 Enten exemplarisch überprüft, ob die Leistungen im Umdrehexperiment vom Gewicht der Tiere beeinflusst werden. Sollte dies der Fall sein, wäre dieses Experiment für eine Überprüfung und Auslese der Tiere nicht gut geeignet. Daher wurde mit den



Durchschnittszeiten der einzelnen Tiere und ihrem Gewicht eine Korrelationsanalyse durchgeführt (Abb. 19). Nach dem Pearson-Korrelationstest besteht keine Korrelation zwischen diesen beiden Parametern ( $r=0,0625$ ;  $p=0,762$ ).

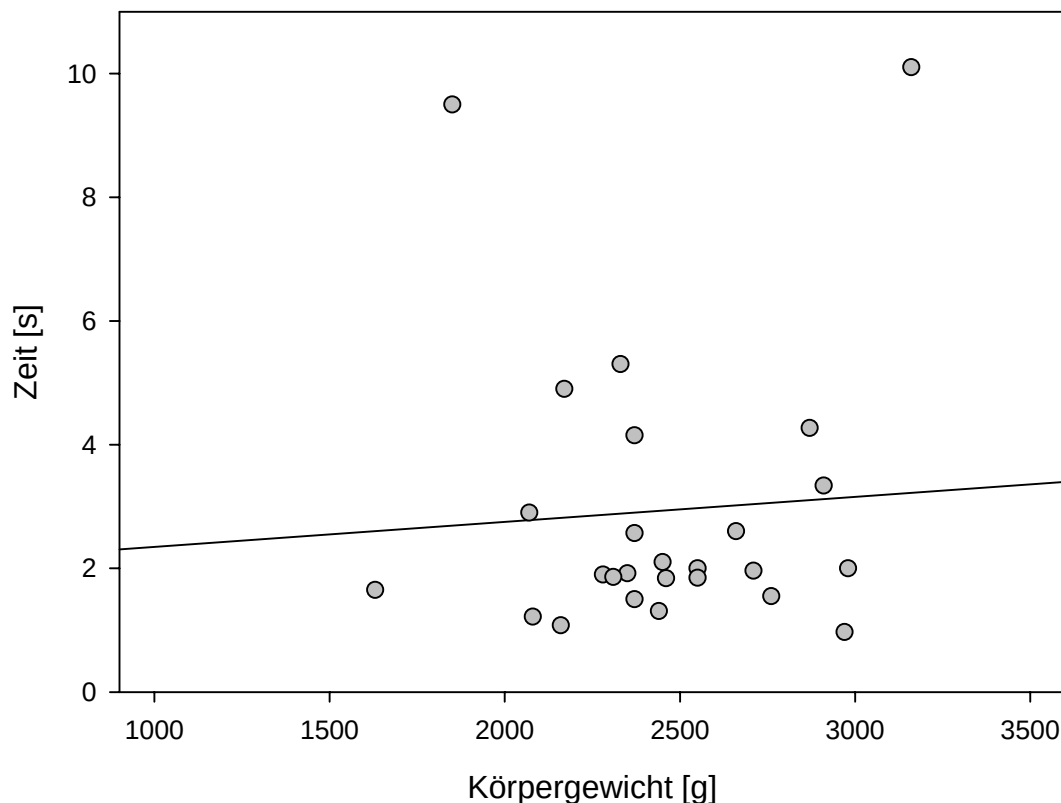


Abb. 19: Zeit aus dem Umdrehexperiment vs. Körpergewicht. Aufgetragen ist der Mittelwert des einzelnen Tieres in Bezug auf das Körpergewicht ( $n=26$ ).

In Abbildung 20 sind exemplarisch die Umdrehzeiten von 15 Enten und 13 Erpeln aus 2004 zusammengefasst. Dies diente zur Überprüfung, ob es zwischen den Geschlechtern Unterschiede bezüglich des Umdrehexperiments gibt. Mit dem Mann-Whitney Rangsummentest ergibt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern ( $T=2732$ ,  $p=0,46$ ).

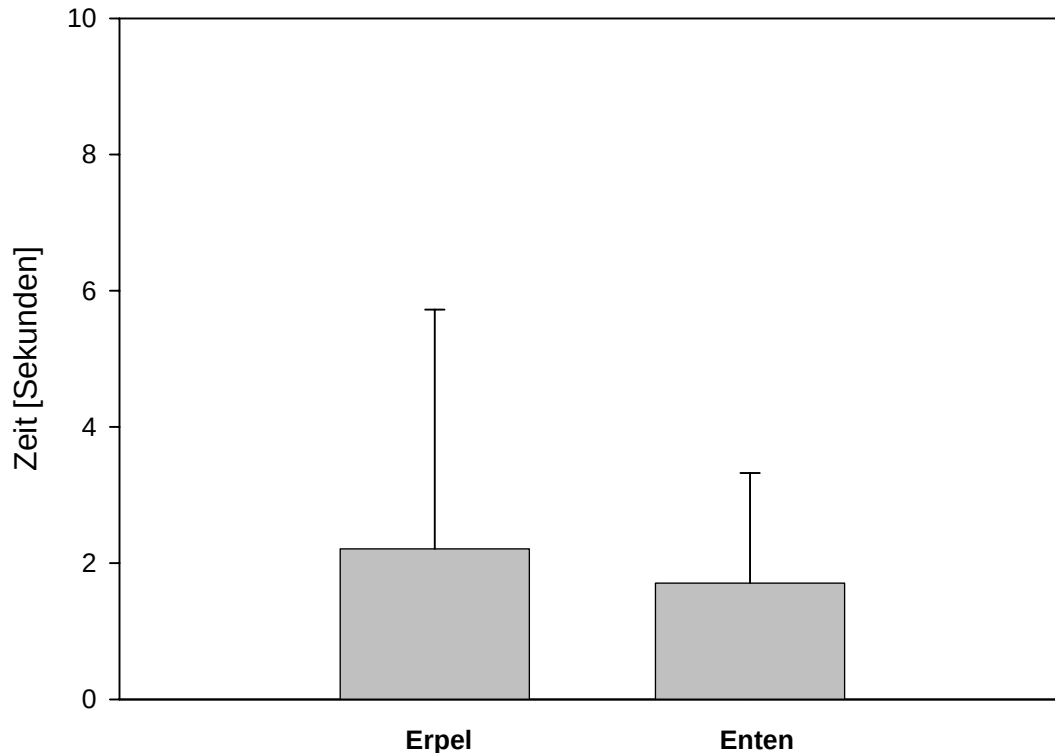


Abb. 20: Durchschnittliche Umdrehzeiten der Erpel (n=13) und Enten (n=15) der Rasse Landente im Vergleich. Die Abbildung zeigt Mittelwerte und Standardabweichung.

Auf die Zeiten und Ränge der Tiere, von denen schon Hirndaten vorliegen, wird in 3.5. noch näher eingegangen.

### **3.1.2. Bewegungsverhalten unter Stress**

Die Zeit, die man brauchte, um ein Tier aus dem Gehege herauszufangen konnte sehr variieren. Aus diesem Grund wurde als erstes eine mögliche Korrelation der Einfangzeit mit der Bewertung im Experiment, sprich dem vergebenen Rang, bei den Tieren aus 2004 überprüft. Nach dem Spearman-Korrelationstest zeigt sich, dass diese beiden Parameter nicht miteinander korrelieren ( $r=-0,216$ ,  $p=0,173$ ).

Da viele Tiere in Stresssituationen Verhaltensauffälligkeiten zeigten, wurde diesem Experiment insofern Beachtung geschenkt, als sowohl der deskriptive Rang wie auch der Wert nach dem Umdrehen in die oben beschriebene Rangfolge einfließen.

Die durchschnittlich benötigte Zeit nach dem Umdrehen am Ende dieses Experiments betrug 2004  $8,54s \pm 13,96$ . Das schnellste Tier benötigte  $0,7s$ , das langsamste Tier  $69,3s$ .

2005 betrug die Durchschnittszeit  $3,66s \pm 4,23$ . Das schnellste Tier benötigte  $0,48s$ , das langsamste Tier benötigte  $19,98s$ . Zwischen den Werten des Jahres 2004 und 2005 besteht kein statistisch belegbarer Unterschied (Mann-Whitney-Rangsummentest:  $T=3423$ ,  $p=0,105$ ).

Die Werte für jedes Individuum wurden in der in 2.3.2. beschriebenen Vergebung des Ranges berücksichtigt.

### **3.1.3.            Bewegungsverhalten bei Ausschaltung des visuellen Systems**

Die durchschnittlich benötigte Zeit nach dem Umdrehen unter Ausschaltung des visuellen Systems betrug 2004  $3,07s \pm 11,07$ . Das schnellste Tier benötigte nur  $0,5s$ , das langsamste Tier  $85,0s$ .

2005 betrug die Durchschnittszeit  $2,73s \pm 5,57$ . Das schnellste Tier benötigte  $0,65s$ , das langsamste Tier  $36,9s$ . Zwei Tieren gelang es nicht mehr, von alleine aufzustehen. Sie wurden nach  $300s$  vom Experimentator wieder aufgerichtet.

Zwischen den Werten des Jahres 2004 und 2005 besteht kein statistisch belegbarer Unterschied (Mann-Whitney-Rangsummentest:  $T=3783$ ,  $p=0,609$ ).

Die Werte für jedes Individuum wurden in der in 2.3.2. beschriebenen Vergebung des Ranges berücksichtigt.

## **3.2.            Auswahl der Tiere für die Zucht**

Die Auswahl der Tiere für das Zuchtjahr 2004 wurde schon in 2.3.2. beschrieben. Im Zuchtjahr 2005 und 2006 wurde anhand der oben beschriebenen Rangfolge miteinander verpaart. Allerdings wurden 2005 die drei Zuchterpel aus 2004 noch einmal verwendet und nur die Zuchtpaare IV und V mit Erpeln aus der Nachzucht 2004 bestückt. Die Zuchtenten von Paar III und V stammen ebenfalls aus dem Anfangsbestand. Sie schnitten in ihrer Gruppe bei den Umdrehexperimenten als zweit- und drittbeste ab, konnten im ersten Zuchtjahr aber aus Platzgründen nicht mehr eingesetzt werden.



Tabelle 2 zeigt die ausgewählten Zuchttiere mit Rang, der aufgrund der Verhaltensuntersuchungen erstellt wurde.

Tab. 2: Zuchttiere für die Zuchtjahre 2005 und 2006

| <b>Erpel 2005</b> | <b>Farbe</b>            | <b>Rang</b> | <b>Zucht</b>         |
|-------------------|-------------------------|-------------|----------------------|
| D16 04 DZ 800     | Schwarz-weiß gescheckt  | 5           | Ersatz für V         |
| D16 04 DZ 829     | Schwarz-weiß gescheckt  | 6           | Ersatz für III       |
| D16 04 DZ 837     | Schwarz mit weißem Latz | 1           | <b>Zuchtpaar V</b>   |
| D16 04 DZ 841     | Schwarz mit weißem Latz | 4           | Ersatz für I         |
| D16 04 DZ 938     | Blau-Gelb               | 3           | Ersatz für II        |
| D16 04 DZ 946     | Blau mit weißem Latz    | 7           | Ersatz für IV        |
| D16 04 BE 900     | Weiß                    | 2           | <b>Zuchtpaar IV</b>  |
|                   |                         |             |                      |
| <b>Enten 2005</b> | <b>Farbe</b>            | <b>Rang</b> | <b>Zucht</b>         |
| D16 04 DZ 802     | Blau-Gelb               | 7           | Ersatz für IV        |
| D16 04 DZ 831     | Blau mit weißem Latz    | 5           | Ersatz für V         |
| D16 04 DZ 842     | Schwarz mit weißem Latz | 2           | <b>Zuchtpaar II</b>  |
| D16 04 DZ 850     | Schwarz-weiß gescheckt  | 3           | <b>Zuchtpaar IV</b>  |
| D16 04 DZ 932     | Schwarz mit weißem Latz | 4           | Ersatz für II        |
| D16 04 DZ 947     | Blau-Gelb               | 7           | Ersatz für III       |
| D16 04 BE 904     | Weiß                    | 6           | Ersatz für I         |
| D16 04 CD 216     | Weiß                    | 1           | <b>Zuchtpaar I</b>   |
|                   |                         |             |                      |
| <b>Erpel 2006</b> | <b>Farbe</b>            | <b>Rang</b> | <b>Zucht</b>         |
| D16 05 BB 828     | Silber-wildfarbig       | 4           | Ersatz für I         |
| D16 05 BB 840     | Silber-wildfarbig       | 5           | Ersatz für II        |
| D16 05 BB 846     | Wildfarbig              | 6           | Ersatz für III       |
| D16 05 BB 851     | Schwarz mit weißem Latz | 1           | <b>Zuchtpaar II</b>  |
| D16 05 BB 865     | Schwarz mit weißem Latz | 2           | <b>Zuchtpaar I</b>   |
| D16 05 JT 287     | Weiß                    | 3           | <b>Zuchtpaar III</b> |
|                   |                         |             |                      |
| <b>Enten 2006</b> | <b>Farbe</b>            | <b>Rang</b> | <b>Zucht?</b>        |
| D16 05 BB 801     | Schwarz mit weißem Latz | 6           | Ersatz für II        |
| D16 05 BB 805     | Blau-gescheckt          | 5           | Ersatz für II        |
| D16 05 BB 844     | Silber-wildfarbig       | 4           | Ersatz für III       |
| D16 05 BB 829     | Wildfarbig              | 2           | <b>Zuchtpaar III</b> |
| D16 05 BB 858     | Wildfarbig              | 1           | <b>Zuchtpaar I</b>   |
| D16 05 JT 295     | Weiß                    | 3           | <b>Zuchtpaar II</b>  |

### **3.3. Zucht**

#### **3.3.1. Eianzahl, Befruchtungsrate, Schlupfrate**

Die Zuchtsaison erstreckte sich vom Frühjahr bis in den Frühsommer, je nachdem wie schnell die maximal mögliche Kükenzahl in Bezug auf die Gehegegröße erreicht war. Es wurde darauf geachtet, dass der Tierbestand maximal 80-100 Tiere umfasste. Jede Ente legte in dieser Zeit nahezu zuverlässig jeden Tag ein Ei.

Insgesamt wurde die Zuchtleistung von 11 Zuchtpaaren untersucht (2004: 3 Zuchtpaare; 2005: 5 Zuchtpaare; 2006: 3 Zuchtpaare). Im Jahr 2004 wurde der Zuchterpel von Zuchtpaar I nach sechs Wochen ausgetauscht, da er nicht mehr befruchtete. Im Jahr 2005 wurde die Zuchtente von Zuchtpaar III nach vier Wochen ausgetauscht, da sie aus ungeklärter Ursache das Eierlegen einstellte.

Tab. 3: Eianzahl und Anzahl der befruchteten Eier der einzelnen Zuchtpaare (I-V) in den Jahren 2004-2006. Die Zahlen in Klammern bei Zuchtpaar I in 2004 beziehen sich auf den Ersatzerpel.

| <b>Jahr</b> | <b>I<br/>Eier/Befr.</b> | <b>II<br/>Eier/Befr.</b> | <b>III<br/>Eier/Befr.</b> | <b>IV<br/>Eier/Befr.</b> | <b>V<br/>Eier/Befr.</b> | <b>Gesamt</b> |
|-------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------|
| <b>2004</b> | 13(32)/3(29)            | 71/65                    | 69/69                     | -                        | -                       | 90%(95%)      |
| <b>2005</b> | 18/18                   | 21/21                    | 33/31                     | 18/18                    | 18/17                   | 97%           |
| <b>2006</b> | 17/16                   | 13/13                    | 21/20                     | -                        | -                       | 96%           |

Tabelle 3 zeigt die Eianzahl und Anzahl der befruchteten Eier der einzelnen Zuchtpaare in den letzten drei Jahren. Beschädigte Eier wurden bei der Eianzahl schon abgezogen, da sie nicht mehr mit in die Brutmaschine eingelegt wurden. Die Befruchtungsraten liegen mit Ausnahme der Zuchtgruppe, bei der der Erpel ausgetauscht wurde, nie niedriger als 92% (Zuchtpaar II, 2004). Der Durchschnittswert für die gesamte Zucht der Jahre 2004-2006 beträgt 96% (von 331 Eiern waren 317 befruchtet).

Im 1. Zuchtjahr (2004) sahen die Schlupfraten der einzelnen Zuchtpaare wie folgt aus:

Zuchtpaar I: 32 befruchtete Eier, 14 Küken > 44%

Zuchtpaar II: 65 befruchtete Eier, 29 Küken > 45%

Zuchtpaar III: 69 befruchtete Eier, 18 Küken > 26%

**Schlupfrate Gesamt: 38%**

Abbildung 22 zeigt die zusammengefassten Schlupfraten (in %) der drei Zuchtpaare im Verlauf der ersten Zuchtsaison (2004). Es wurden insgesamt acht Chargen Eier im Abstand von 10 Tagen in die Brutmaschine eingelegt.

Bei Charge 5 wurde am 9. Tag damit begonnen, die Eier einmal täglich mit kaltem Wasser zu besprühen. Ab Charge 6 wurde erst ab dem 5. Tag gekühlt (siehe 2.5.2.) und besprüht. Ab Charge 5 wurden alle Eier im Schlupfabteil mehrmals täglich mit Wasser stark besprüht.

Berechnet man die Schlupfrate der Zuchtpaare ab Charge 6 so erhält man folgende Werte:

Zuchtpaar I: 17 befruchtete Eier, 11 Küken > 65%

Zuchtpaar II: 21 befruchtete Eier, 17 Küken > 81%

Zuchtpaar III: 24 befruchtete Eier, 11 Küken > 46%

**Schlupfrate Gesamt: 63%**

Vergleicht man die zusammengefasste Schlupfrate der Chargen 1-5 und Chargen 6-8, so ergibt sich ein hochsignifikanter Unterschied (Chi<sup>2</sup>-Test: Chi<sup>2</sup>=27,416, z=5,236, p<0,001).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich die Schlupfraten der verschiedenen Zuchtpaare nicht so ähneln, wie es bei den Befruchtungsraten der Fall war. Bei Zuchtpaar III fällt die Schlupfrate auch nach Verbesserung der Inkubationstechnik sehr niedrig aus. Im Vergleich zu Zuchtpaar II lässt sich dieser Unterschied auch statistisch belegen (Chi<sup>2</sup>- Test: Chi<sup>2</sup>=4,448, z=2,109, p=0,035).

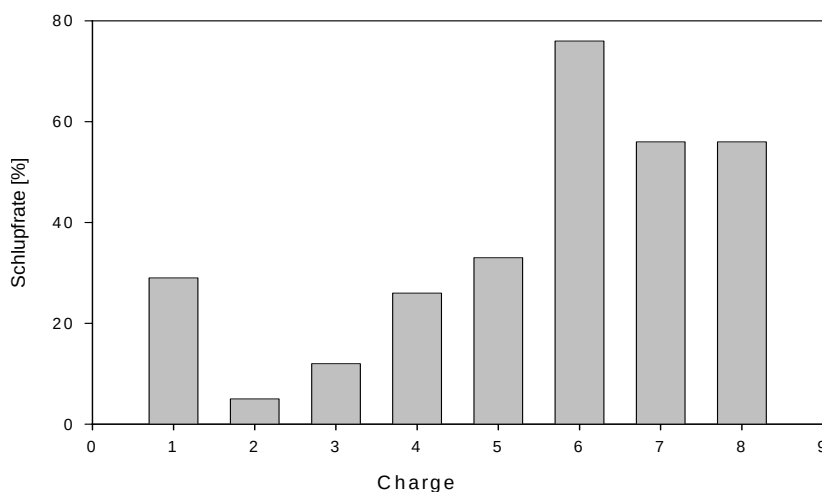


Abb. 22: Durchschnittliche Schlupfraten (Zuchtpaare I-III) des Jahres 2004 im Saisonverlauf

Tabelle 4 zeigt die Schlupfraten der einzelnen Zuchtpaare in den Jahren 2005 und 2006. In diesen beiden Jahren waren die Zuchtpaare unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus den Verhaltensexperimenten und unter dem Aspekt der Inzuchtvermeidung zusammengestellt worden. Im Jahr 2005 wurde die Zuchtente von Zuchtpaar III im Laufe der Zuchtsaison ausgewechselt, da sie das Eierlegen einstellte. Die Zahl in Klammern bezieht sich auf die Ersatzente. Auch hier zeigen sich wieder Unterschiede zwischen den einzelnen Zuchtpaaren. Zuchtpaar III zeigt mit der Ersatzente die mit Abstand geringste Schlupfrate. Sie unterscheidet sich von allen anderen vier Zuchtpaaren signifikant (I:  $\chi^2=8,984$ ,  $z=2,997$ ,  $p=0,003$ ; II:  $\chi^2=11,442$ ,  $z=3,383$ ,  $p<0,001$ ; IV und V:  $\chi^2=11,575$ ,  $z=3,402$ ,  $p<0,001$ ). Über alles gesehen sind die Schlupfraten dieser beiden Jahre im Vergleich zum Jahr 2004 stark gestiegen. Für den statistischen Vergleich wurde aus dem Jahr 2004 die zusammengefasste Schlupfrate der Chargen 6-8 gewertet (s. o.). Die Schlupfraten der Jahre 2005 ohne die Ersatzente im Zuchtpaar III und 2006 liegen beide signifikant höher im Vergleich zu 2004 (2005:  $\chi^2=8,97$ ,  $z=2,995$ ,  $p=0,003$ ; 2006:  $\chi^2=6,248$ ,  $z=2,5$ ,  $p=0,012$ ). Nimmt man die Schlupfrate der Ersatzente aus Zuchtpaar 2005 hinzu, liegt statistisch kein signifikanter Unterschied vor ( $\chi^2=1,759$ ,  $z=1,326$ ,  $p=0,185$ ). Bei den Zuchtpaaren I-III ist die Schlupfrate 2005 ebenfalls gestiegen, obwohl es sich bei den Zuchterpeln um dieselben Tiere handelte wie im Jahr 2004.

Tab.4: Schlupfraten der einzelnen Zuchtpaare der Jahre 2005 und 2006

| <b>Zuchtpaar</b> | <b>I</b> | <b>II</b> | <b>III</b>   | <b>IV</b> | <b>V</b> | <b>Gesamt</b> |
|------------------|----------|-----------|--------------|-----------|----------|---------------|
| <b>2005</b>      | 83%      | 86%       | 83%<br>(32%) | 89%       | 89%      | 86%(74%)      |
| <b>2006</b>      | 80%      | 85%       | 95%          |           |          | 86%           |

### 3.3.2. Auffällige Küken

In jedem Zuchtjahr fielen einige Küken entweder direkt nach dem Schlupf oder im Laufe des Wachstums aufgrund von Verhaltensauffälligkeiten oder pathologischen Erscheinungen auf. Tab. 5 zeigt die Anzahl auffälliger Küken in den einzelnen Zuchtjahren. Generell fielen im Jahr 2004 die meisten auffälligen Küken an; Zuchtpaar III aus dem Jahr 2004 und Zuchtpaar II aus dem Jahr 2006 hatten die höchste Anzahl an auffälligen Küken in der Nachzucht. Nur ein Zuchtpaar (V aus 2005) hatte keine auffälligen Küken in seiner Nachzucht. Der prozentuale Anteil auffälliger Küken verringerte sich zwar mit jedem Jahr, lässt sich jedoch statistisch nicht belegen (2004 zu 2005:  $\chi^2=0,416$ ,  $z=0,645$ ,  $p=0,52$ ; 2004 zu 2006:  $\chi^2=0,525$ ,  $z=0,724$ ,  $p=0,47$ ).

Tab.5. Anzahl der auffälligen Küken in Relation zur Gesamtzahl der Nachzucht der einzelnen Zuchtpaare in den Jahren 2004-2006

| <b>Zuchtpaar</b> | <b>I</b>    | <b>II</b>   | <b>III</b>  | <b>IV</b>   | <b>V</b>   | <b>Gesamt</b> |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|---------------|
| <b>2004</b>      | 14/3<br>21% | 29/6<br>20% | 18/6<br>33% |             |            | 25%           |
| <b>2005</b>      | 15/3<br>20% | 18/6<br>33% | 13/2<br>15% | 16/4<br>25% | 16/0<br>0% | 19%           |
| <b>2006</b>      | 12/1<br>8%  | 11/3<br>27% | 19/3<br>16% |             |            | 17%           |

Die Symptome der als auffällig deklarierten Küken waren sehr vielfältig. Bei der Aufzählung der Küken in Tabelle 5 wurde nicht unterschieden, in was für einer Art und wie häufig sie Verhaltensauffälligkeiten zeigten oder ob sie parallel pathologische Veränderungen hatten. Die meisten dieser Tiere wurden in Stresssituationen wie Rein- oder Rausscheuchen aus dem Stall, Einfangen, Konfrontieren mit neuen Situationen etc. auffällig. Klassischerweise konnte man dann ein Schwanken oder Torkeln beobachten. Ein gerichtetes Geradeausgehen war meist nicht mehr möglich und bisweilen fielen die Tiere auch auf die Seite oder auf den Rücken. Bei starken Störungen schafften es die Tiere nicht mehr, wieder von alleine aufzustehen. Oftmals ließen diese Koordinationsprobleme nach ein paar Minuten nach und das Tier war wieder verhaltensunauffällig. Besonderheiten werden im Folgenden erwähnt:

Im Jahr 2004 mussten ein Tier von Zuchtpaar II und zwei Tiere von Zuchtpaar III aufgrund starker Koordinationsprobleme eingeschläfert werden. Sie zeigten so starke Störungen, dass sie nicht mehr laufen konnten ohne umzufallen, nicht mehr schwimmen konnten ohne unterzugehen und somit auch ein normales Fress- und Trinkverhalten nicht mehr möglich war. Ein auffälliges Küken von Zuchtpaar I wies als Besonderheit ein rudimentäres Zehensegment am Hinterkopf auf (Abb. 23 und 24).

Im Jahr 2005 mussten zwei Tiere von Zuchtpaar II direkt nach dem Schlupf abgetötet werden. Sie waren zwar selbständig geschlüpft, konnten sich aber nicht koordinieren. Eines dieser Tiere wies eine Enzephalozele, das andere einen Torticollis auf. Zwei weitere Tiere von Zuchtpaar II mussten im Laufe des Wachstums aufgrund von starken Störungen abgetötet werden, ebenso wie ein Tier von Zuchtpaar III.

Im Jahr 2006 starb ein Küken von Zuchtpaar I, welches von Schlupf an starke Koordinationsprobleme zeigte im Alter von zwei Tagen. Alle drei als auffällig deklarierten Küken von Zuchtpaar II mussten abgetötet werden, eines davon schon direkt nach dem Schlupf (Torticollis), die anderen beiden im Alter von 14 bzw. 16 Tagen. Sie zeigten so starke Bewegungsstörungen, dass sie ständig auf den Rücken fielen und nicht in der Lage waren, wieder aufzustehen. Aus denselben Gründen musste ein Küken von Zuchtpaar III abgetötet werden.



Abb. 23: Cephalomelus bei einem zwei Tage altem Küken.



Abb. 24: Dasselbe Küken im Alter von 14 Tagen.

### **3.3.3. Nichtgeschlüpfte Küken**

Die folgenden makroskopisch erkennbaren Merkmale wurden beobachtet und notiert. Diese pathologischen Veränderungen konnten einzeln oder kombiniert an einem Tier auftreten. Das als Schädelaufwölbung bezeichnete Erscheinungsbild ließ sich makroskopisch zu diesem Zeitpunkt nicht eindeutiger zuordnen oder klassifizieren. Dies wäre erst nach histologischer Aufarbeitung möglich.

1. Im Keimstadium abgestorben
2. Unauffälliger Schädel
3. Schädelaufwölbung (klein)
4. Schädelaufwölbung (groß)
5. Offener Schädel mit Gewebeaustritt
6. Oberschnabelhypoplasie

7. Meningozele

8. Zusätzliche rudimentäre Extremitäten am Hinterkopf (Cephalomelus)

9. Knochenzubildung

10. Fehllage im Ei

Die Abbildungen 25-30 liefern Beispiele für die oben genannten pathologischen Veränderungen.



Abb. 25: Große Schädelaufwölbung



Abb. 26: Meningozele



Abb. 27: Offener Schädel mit Gewebeaustritt



Abb. 28: Oberschnabelhypoplasie mit Knochen-  
zubildung und Schädelaufwölbung





Abb. 29: Cephalomelus



Abb. 30: Offener Schädel mit Gewebeaustritt und  
Oberschnabelhypoplasie

Insgesamt schlüpften im Jahr 2004 aus 166 befruchteten Eiern 61 Küken. Bei den übrigen 105 Eiern fielen insgesamt 8 Eier nach dem Schieren am 8.Tag als abgestorben weg. Aus den übrigen 97 Eiern konnten von den Embryonen die Schädel gewonnen und eingelegt werden.

Im Jahr 2004 fielen die meisten Eier an, insgesamt wurden 97 Schädel präpariert. Dabei entfielen 15 Eier auf das Zuchtpaar I, 35 Eier auf das Zuchtpaar II und 47 Eier auf das Zuchtpaar III. Prozentual gesehen zeigten 72 % der ungeschlüpften Küken und 42 % der Gesamtzahl an befruchteten Eier Missbildungen. Tabelle 6 und 7 zeigen die Verteilung der beobachteten Missbildungen in den Zuchtjahren 2004-2006. Häufig konnten mehrere Missbildungen kombiniert an einem Tier beobachtet werden (z. B. Encephalocoele kombiniert mit Oberschnabelhypoplasie). Im Zuchtjahr 2004 fällt sowohl die hohe Anzahl an Tieren mit Encephalocoele als auch die hohe Anzahl an phänotypisch unauffälligen Tieren auf. In den Jahren 2005 und 2006 bleibt die Encephalocoele die am häufigsten beobachtete Missbildung.

Tab. 6: Makroskopische Befunde der Schädel nichtgeschlüpfter Küken des Jahres 2004

|                           | <b>I</b> | <b>II</b> | <b>III</b> | <b>Gesamt</b> |
|---------------------------|----------|-----------|------------|---------------|
| Unauffälliger Schädel     | 3        | 13        | 11         | 27            |
| Schädelaufwölbung (klein) | 2        | 2         | 10         | 14            |
| Schädelaufwölbung (groß)  | 1        | 3         | 9          | 13            |
| Enzephalozele             | 4        | 17        | 13         | 34            |
| Oberschnabelhypoplasien   |          | 4         | 5          | 9             |
| Meningozele               |          |           | 1          |               |
| Cephalomelus              | 1        | 1         | 2          | 4             |
| Knochenzubildung          |          |           | 1          |               |
| Fehllage im Ei            | 4        | 14        | 26         | 44            |

In den Jahren 2005 und 2006 fielen weitaus weniger zu präparierende Eier an, und zwar 28 Eier im Jahr 2005 (I: 3, II: 3, III: 16, IV: 2, V: 2) und 6 Eier im Jahr 2006 (I: 3, II: 2, III: 1). Im Jahre 2005 schlüpften aus 106 befruchteten Eiern 78 Küken. 85 % der ungeschlüpften Küken zeigten Missbildungen, im Vergleich zur Gesamtzahl an entwickelten Eiern zeigten 23 % Missbildungen. Vor dem Auswechseln der Zuchtente des Zuchtpaares III lag die Quote bei 81 befruchteten Eiern und 70 geschlüpften Küken. Auf die Eier der ausgewechselten Zuchtente kamen auch 15 der 16 präparierten Schädel von Zuchtpaar III. Zwei Eier starben im Keimstadium ab, fielen somit beim Schieren weg.

Ein abgestorbener Embryo von Zuchtpaar II besaß zwei Köpfe bzw. einen Kopf mit zwei Augen, aber zwei Schnäbel. Beide zeigten Oberschnabelhypoplasien.

Aus 49 befruchteten Eiern schlüpften im Jahr 2006 42 Küken. Ein Ei fiel beim Schieren weg, der Embryo war im Keimstadium abgestorben. Fünf der sechs präparierten Schädel zeigten Missbildungen,

ein Schädel erschien phänotypisch unauffällig. Somit zeigten rund 10 % der entwickelten Eier Missbildungen.

Tab. 7: Makroskopische Befunde der Schädel nichtgeschlüpfter Küken der Jahre 2005 und 2006

|                           | <b>I</b><br><b>2005/2006</b> | <b>II</b><br><b>2005/2006</b> | <b>III</b><br><b>2005/2006</b> | <b>IV</b><br><b>2005</b> | <b>V</b><br><b>2005</b> | <b>Σ</b><br><b>2005/2006</b> |
|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Unauffälliger Schädel     |                              | 1/1                           | 2/0                            | 1                        |                         | 4/1                          |
| Schädelaufwölbung (klein) | 0/2                          |                               |                                |                          |                         | 0/2                          |
| Schädelaufwölbung (groß)  | 2/0                          |                               | 1/0                            | 1                        |                         | 4/0                          |
| Enzephalozele             | 1/1                          | 2/1                           | 12/1                           |                          |                         | 15/3                         |
| Oberschnabelhypoplasien   |                              | 1/0                           | 3/0                            |                          |                         | 4/0                          |
| Meningozele               |                              |                               | 1/0                            |                          | 1                       | 2/0                          |
| Cephalomelus              |                              |                               |                                | 1                        |                         | 1/0                          |
| Knochenzubildung          | 1/0                          |                               | 1/0                            |                          |                         | 2/0                          |
| Fehllage im Ei            | 3/1                          | 1/1                           | 12/0                           | 1                        |                         | 17/2                         |

In den Zuchtjahren 2004 und 2005 fällt auf, dass eine hohe Anzahl von steckengebliebenen Küken falsch, d.h. nicht in typischer Schlupfposition im Ei lag. Diese Fehllage trat sehr häufig in Kombination mit dem Merkmal einer Enzephalozele oder einer großen Schädelaufwölbung auf. Von insgesamt 61 Küken, bei denen eine falsche Position im Ei beobachtet werden konnte, wurde gleichzeitig bei 48 Küken auch eine Enzephalozele oder große Schädelaufwölbung diagnostiziert (79%).

Stichwortartige Präparationsprotokolle aller ungeschlüpften Küken befinden sich im Anhang.

### **3.4. Hirnmorphologische Untersuchungen**

Bei der Präparation der Gehirne fielen häufig Anomalien am Schädeldach auf. Bei vielen Tieren war die knöcherne Schädeldecke nicht ganz geschlossen, es traten Löcher verschiedenster Größe auf. Außerdem

konnten bei einigen Tieren Knochenzapfen unterschiedlichster Länge außen an der Schädeldecke beobachtet werden, die in das Haubenpolster hineinragten. Die Größe der Schädellocher wurde nicht näher bestimmt, die Länge der Knochenzapfen vermessen. Sie variierte zwischen 9 mm und 34 mm.

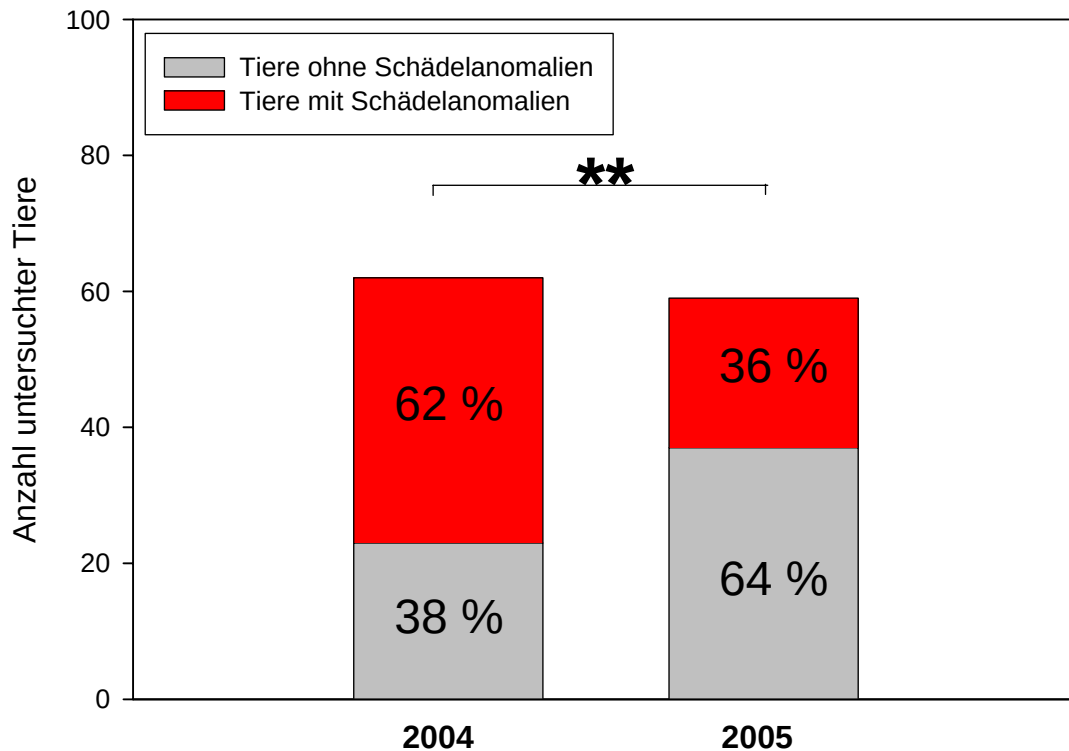


Abb. 31: Auf Schädelanomalien untersuchte Tiere aus den Jahren 2004 und 2005.

Abbildung 31 zeigt die Verteilung der auf Schädelanomalien untersuchten Tiere der Jahre 2004 und 2005. Von den 60 untersuchten Tieren aus 2004 wiesen 19 Tiere Schädellocher auf, bei 7 Tieren konnte ein Knochenzapfen festgestellt werden, 11 Tiere besaßen sowohl ein Schädelloch, als auch eine Knochenzubildung.

Von den 61 untersuchten Tieren aus 2005 wiesen 11 Tiere ein Schädelloch auf, 3 Tiere eine Knochenzubildung und 8 Tiere sowohl ein Schädelloch, als auch eine Knochenzubildung. Im Jahr 2005 konnten signifikant weniger Tiere mit Schädelanomalien beobachtet werden. ( $\chi^2=7,176$ ;  $z=2,679$ ;  $p=0,007$ ).

Bei den meisten Tieren wurde ein intracranialer Fettkörper schon makroskopisch bei der Präparation des Gehirns diagnostiziert. Lediglich sehr kleine Fettkörper waren makroskopisch nicht sichtbar und zeigten

sich erst in der Schnittserie. Die Fettkörper konnten in der Größe sehr stark variieren, ähnelten sich aber meist in Lage und Form. Typischerweise lagen sie im Tentorium cerebelli. Häufig war auch zwischen Telencephalon und Tectum Fettgewebe erkennbar.

Die folgenden Abbildungen sollen einen Einblick in die äußere Erscheinung des Landentengehirns geben.

Die Abbildungen 32 und 33 zeigen eine Lateralansicht und eine Dorsalansicht eines Gehirns einer Landente ohne intracranialen Fettkörper.



Abb. 32: Lateralansicht des Gehirns der Landente  
Nr. 942.



Abb. 33: Dorsalansicht des Gehirns der Landente  
Nr. 946.

Die folgenden Abbildungen veranschaulichen die makroskopisch erkennbare Variabilität der Fettkörper bzw. der betroffenen Gehirne. Der Fettkörper ist mit einem Stern markiert.

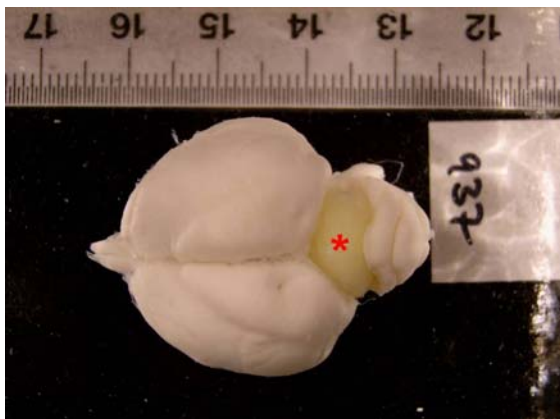


Abb. 34: Dorsalansicht des Gehirns der Landente Nr. 937 mit mittelgroßem Fettkörper im Tentorium cerebelli.



Abb. 35: Dorsalansicht des Gehirns der Landente Nr. 985 mit mittelgroßem Fettkörper im Tentorium cerebelli.

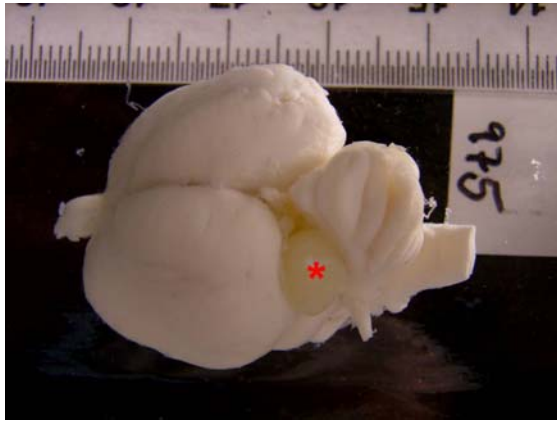


Abb. 36: Dorsalansicht des Gehirns der Landente Nr. 975 mit lateral gelegenem Fettkörper im Tentorium cerebelli.

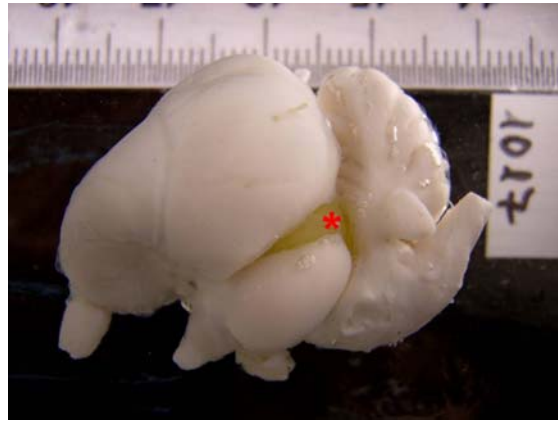


Abb. 37: Lateralansicht des Gehirns der Landente Nr. 1017 mit lateral gelegenem Fettkörper zwischen Telencephalon, Tectum und Cerebellum.

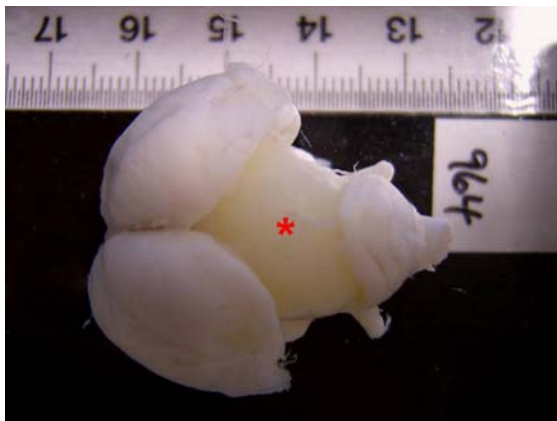


Abb. 38: Dorsalansicht des Gehirns der Landente Nr. 964 mit großem Fettkörper im Tentorium cerebelli.

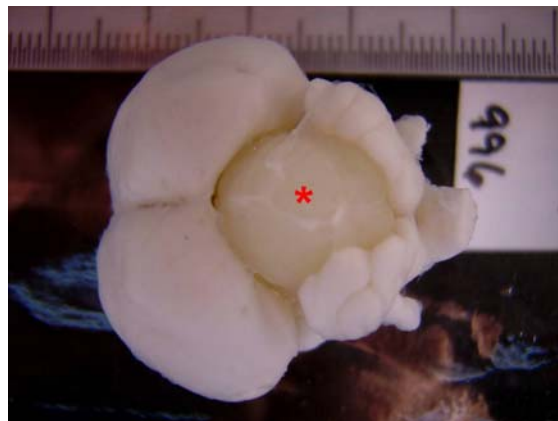


Abb. 39: Dorsalansicht des Gehirns der Landente Nr. 996 mit großem Fettkörper im Tentorium cerebelli und gespaltenem Cerebellum

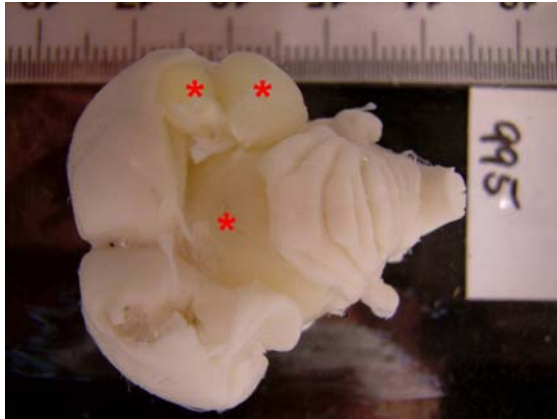


Abb. 40: Dorsalansicht des Gehirns der Landente Nr. 995 mit insgesamt drei Fettkörpern und beschädigtem Telencephalongewebe. Diese wurde durch einen intracranialen Knochenzapfen verursacht, der bei der Präparation entfernt wurde.

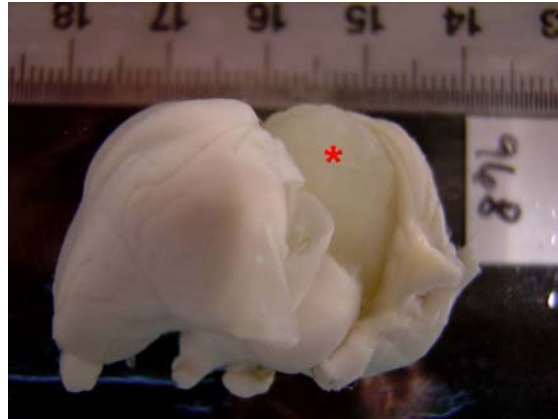


Abb. 41: Lateralansicht des Gehirns der Landente Nr. 968 mit großem Fettkörper im Tentorium Cerebelli. Seitlich lassen sich gut die vergrößerten, bei der Präparation kollabierten Seitenventrikel erkennen, die häufig bei großen Fettkörpern beobachtet wurden.

Die Größe des Fettkörpers konnte sehr stark variieren und war makroskopisch nicht abzuschätzen. Oft erstreckte sich der Fettkörper weiter im Inneren des Gehirns und füllte den Hemisphärenspalt aus. Die korrekte Größe des Fettkörpers ließ sich erst volumetrisch an den Schnittserien bestimmen.

Die Abbildungen 42-45 zeigen Hirnschnitte mit intrakranialen Fettkörpern verschiedener Größe und Lage. Die Abbildungen 42 und 43 zeigen im Tentorium cerebelli lokalisierte intrakraniale Fettkörper die in diesem Bereich auch von oben sichtbar waren. In den Schnittserien wird deutlich, dass sie sich auch verschiedenartig ohne von oben sichtbar zu sein, zwischen den Hemisphären nach anterior ausdehnen. Auffällig sind auch die vergrößerten Seitenventrikel in beiden Schnitten.

Abb. 44 zeigt einen Schnitt eines Gehirns, wo sich ein Fettkörper zwischen Telencephalon und Tectum befindet und ein weiterer, kleinerer im Gewebe des Hyperpallium apicale lokalisiert ist. Dass sich ein Fettkörper auch weit in den posterioren Bereich ziehen kann und auch sehr oberflächlich liegen kann, zeigt Abb. 45. Die obere Grenze des Fettkörpers ist durch die Aufarbeitung nicht mehr klar umrissen, vereinzelte Zellen zeigen jedoch die ungefähre Lage und Größe. Es lässt sich gut die durch den Fettkörper verursachte Asymmetrie in diesem Teil des Gehirns erkennen. Häufig konnten bei großen Fettkörpern bei stärkerer Vergrößerung Nekrosen im Randereich zwischen Hirngewebe und Fettkörper beobachtet werden. Die dort befindlichen Zellen waren deformiert und konnten nicht mehr eindeutig dem Gewebe oder dem Fettkörper zugeordnet werden.



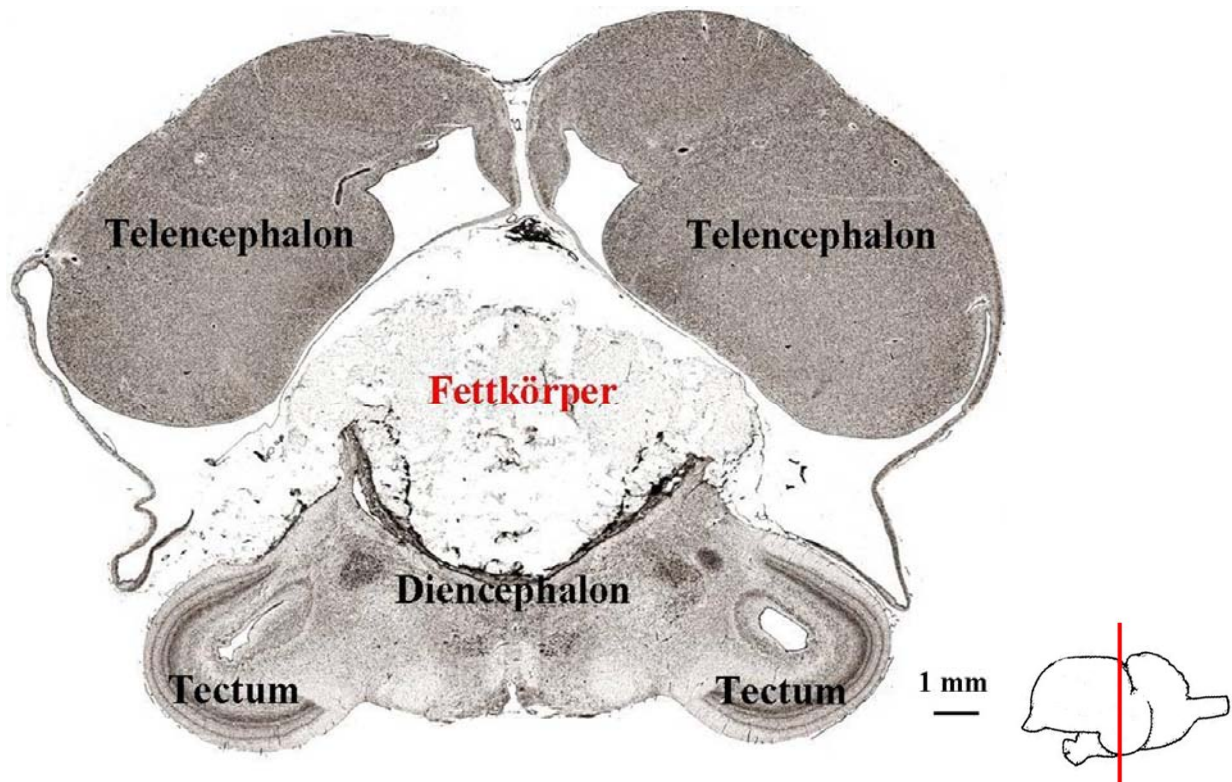


Abb. 42: Hirnschnitt des Landentengehirns Nr. 885 mit intrakranialem Fettkörper.

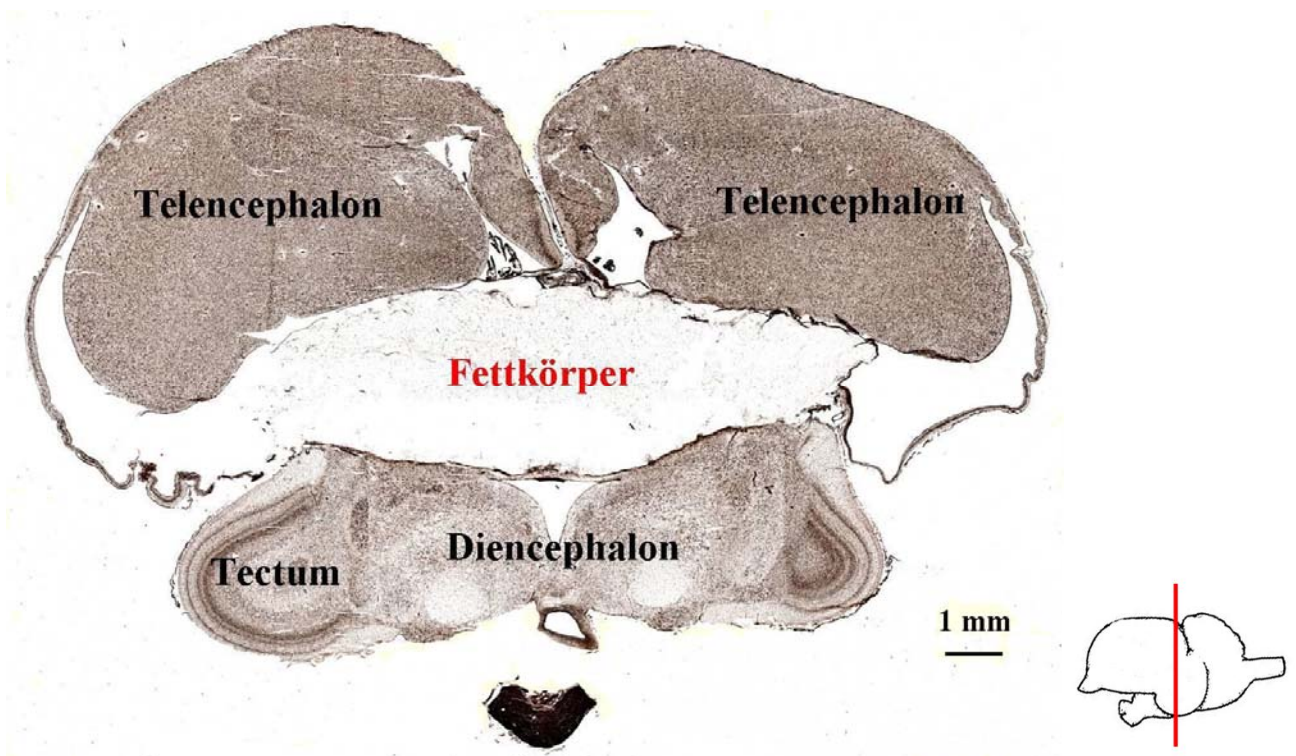


Abb. 43: Hirnschnitt des Landentengehirns Nr. 925 mit intrakranialem Fettkörper.

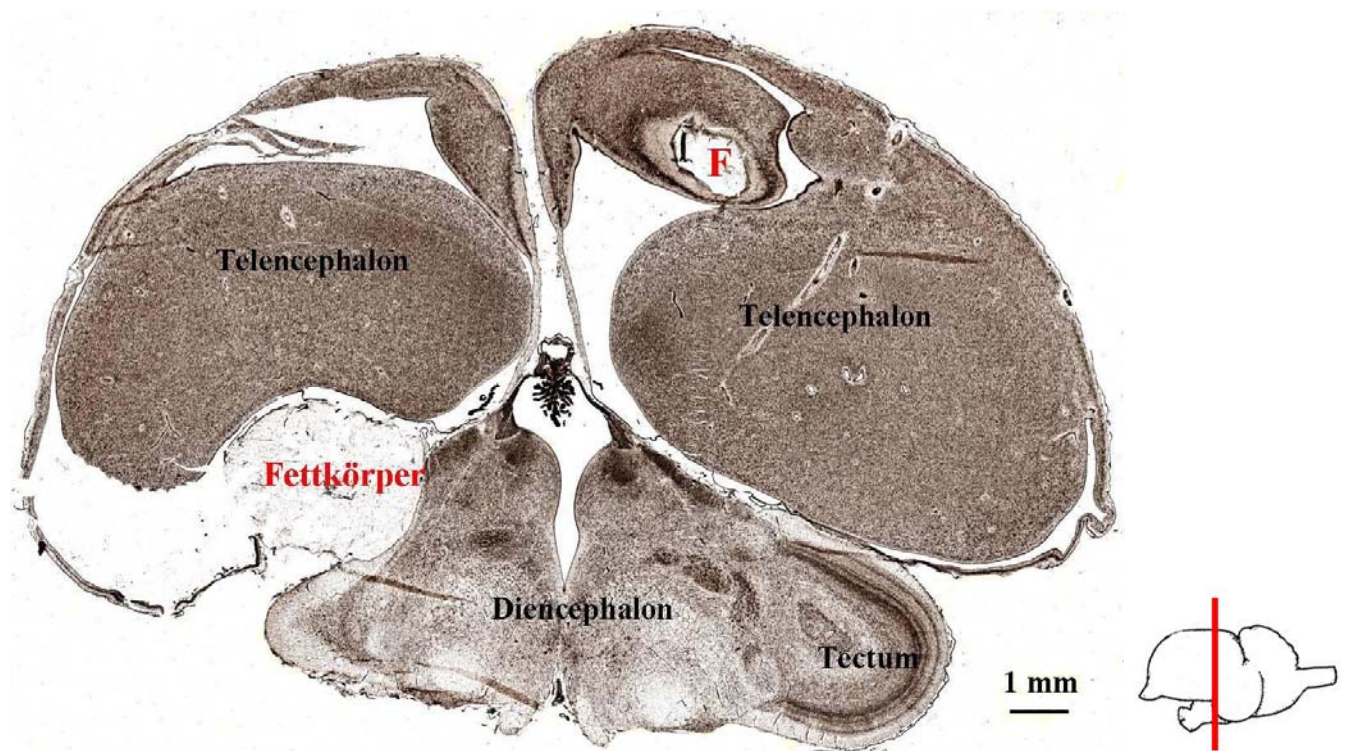


Abb. 44: Hirnschnitt des Landentengehirns Nr. 923 mit intrakranialem Fettkörper.

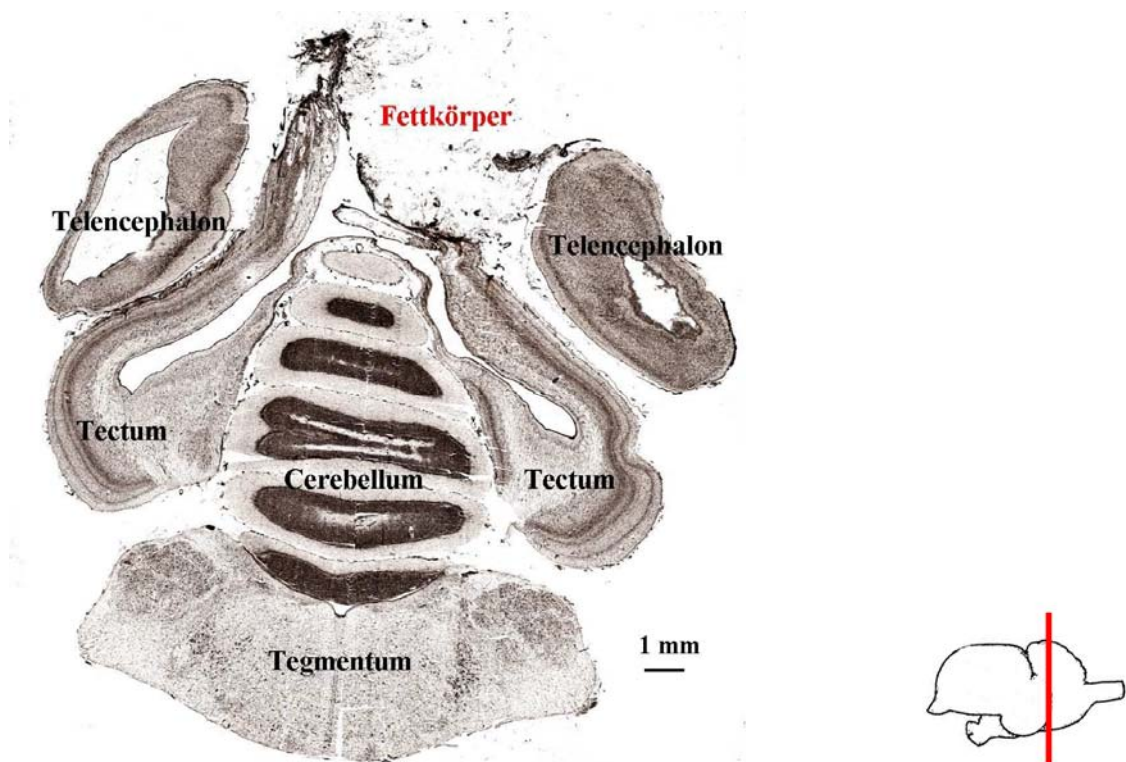


Abb. 45: Hirnschnitt des Landentengehirns Nr. 856 mit intrakranialem Fettkörper.



### 3.4.1. Hirndaten der untersuchten Tiere

Tabelle 8 zeigt Körpergewicht, Gesamthirnvolumen und Fettkörpervolumen der 26 Landenten, von denen vollständige Datensätzen des Gehirns vorliegen.

Tab.8: Körpergewicht, Gesamthirnvolumen und Fettkörper von 26 Landenten. Die unterste Zeile zeigt Mittelwert und Standardfehler.

| <b>Körpergewicht<br/>(g)</b> | <b>Gesamthirnvolumen<br/>(mm<sup>3</sup>)</b> | <b>Fettkörpervolumen<br/>(mm<sup>3</sup>)</b> |
|------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1965                         | 5333                                          | 121,46                                        |
| 2215                         | 8490                                          | 2426,79                                       |
| 2270                         | 6955                                          | 1434,62                                       |
| 2300                         | 7348                                          | 1306,31                                       |
| 2375                         | 9547                                          | 3891,65                                       |
| 1885                         | 7289                                          | 1518,19                                       |
| 2740                         | 6019                                          | 113,47                                        |
| 2585                         | 8055                                          | 2552,53                                       |
| 2475                         | 6705                                          | 1083,87                                       |
| 2250                         | 5111                                          | 0                                             |
| 2000                         | 7089                                          | 1305,65                                       |
| 2450                         | 6783                                          | 768,13                                        |
| 2400                         | 7525                                          | 944,43                                        |
| 1825                         | 5673                                          | 18,91                                         |
| 2550                         | 6972                                          | 888,96                                        |
| 2235                         | 7078                                          | 403,95                                        |
| 2140                         | 8060                                          | 1645,03                                       |
| 2155                         | 5860                                          | 161,05                                        |
| 1725                         | 6228                                          | 154,41                                        |
| 2120                         | 5586                                          | 0                                             |
| 2960                         | 7527                                          | 629,41                                        |
| 2830                         | 5439                                          | 22,57                                         |
| 2215                         | 5943                                          | 673,29                                        |
| 2540                         | 6805                                          | 810,6                                         |
| 2290                         | 7745                                          | 1442,21                                       |
| 2330                         | 7060                                          | 1001,62                                       |
| 2300,96±297,52               | 6854,81±1066,22                               | 973,81±930,64                                 |

Die Tabelle spiegelt die große Variabilität innerhalb der Landenten wieder, was sich auch in dem großen Standardfehler zeigt. Lediglich zwei der untersuchten Tiere wiesen keinen Fettkörper auf. Der Fettkörper machte zwischen 0,4 % und 41 % des Gesamthirnvolumens aus.

Zusätzlich wurde eine mögliche Korrelation zwischen Gewicht und Fettkörpergröße überprüft. Der Pearson-Korrelationstest zeigt, dass diese beiden Parameter nicht miteinander korrelieren ( $r=0,076$ ;  $p=0,71$ ).

Tabelle 9 zeigt die durchschnittlichen Hirn- und Hirnstrukturvolumina der untersuchten Rassen. Dargestellt sind die Mittelwerte mit Standardfehler.

Tab. 9: Durchschnittliche Volumina des Gehirns und von 14 Strukturen des Gehirns bei vier verschiedenen Hausentenrassen (Mittelwert  $\pm$  Standardfehler).

| Struktur                           | Volumina            |                             |                        |                         |
|------------------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|
|                                    | Landenten<br>(N=26) | Hochbrutflugenten<br>(N=10) | Pommernenten<br>(N=10) | Streicherenten<br>(N=6) |
| Gesamthirnvolumen                  | 6845,9 $\pm$ 209,12 | 4912,62 $\pm$ 65,65         | 5814,27 $\pm$ 132,74   | 6261,66 $\pm$ 112,3     |
| Nettohirnvolumen                   | 5404,76 $\pm$ 89,76 | 4778,8 $\pm$ 65,9           | 5588,8 $\pm$ 122,82    | 6103,155 $\pm$ 152,87   |
| Hyperpallium apicale               | 519,57 $\pm$ 14,56  | 442,3 $\pm$ 7,1             | 520,3 $\pm$ 9,4        | 677,21 $\pm$ 8,86       |
| Hyperpallium densocellulare        | 159,25 $\pm$ 3,68   | 133,8 $\pm$ 2,1             | 157,1 $\pm$ 7,2        | 170,47 $\pm$ 8,82       |
| Hyperpallium ventrale              | 546,83 $\pm$ 10,74  | 478,7 $\pm$ 8,1             | 547,0 $\pm$ 20,6       | 625,43 $\pm$ 17,74      |
| Nidopallium                        | 1642,82 $\pm$ 38,34 | 1519,5 $\pm$ 22,9           | 1622,7 $\pm$ 36,0      | 1967,03 $\pm$ 42,26     |
| Globus pallidus/Laterales Striatum | 484,81 $\pm$ 14,2   | 420,2 $\pm$ 5,7             | 484,6 $\pm$ 12,5       | 533,5 $\pm$ 7,69        |
| Hippocampus                        | 78,82 $\pm$ 3,14    | 76,8 $\pm$ 1,7              | 84,5 $\pm$ 1,8         | 72,48 $\pm$ 3,69        |
| Septum                             | 35,93 $\pm$ 1,23    | 30,4 $\pm$ 0,6              | 38,0 $\pm$ 0,8         | 36,0 $\pm$ 1,96         |
| Prepiriformis                      | 16,37 $\pm$ 0,56    | 12,6 $\pm$ 0,4              | 15,7 $\pm$ 0,5         | 15,51 $\pm$ 1,55        |
| Bulbus olfactorius                 | 26,79 $\pm$ 0,59    | 25,4 $\pm$ 0,6              | 33,6 $\pm$ 1,0         | 33,72 $\pm$ 2,44        |
| Telencephalon                      | 3511,47 $\pm$ 76,24 | 3139,8 $\pm$ 39,5           | 3503,5 $\pm$ 78,0      | 4131,35 $\pm$ 76,43     |
| Diencephalon                       | 292,74 $\pm$ 6,05   | 240,6 $\pm$ 4,5             | 309,5 $\pm$ 6,6        | 294,1 $\pm$ 14,85       |
| Tractus opticus                    | 70,52 $\pm$ 2,12    | 63,1 $\pm$ 1,9              | 80,5 $\pm$ 2,8         | 71,32 $\pm$ 2,37        |
| Tectum                             | 231,45 $\pm$ 4,29   | 212,5 $\pm$ 4,0             | 254,0 $\pm$ 8,5        | 210,61 $\pm$ 2,84       |
| Tegmentum                          | 693,02 $\pm$ 10,21  | 632,8 $\pm$ 11,3            | 759,2 $\pm$ 22,4       | 735,22 $\pm$ 31,19      |
| Cerebellum                         | 605,59 $\pm$ 11,5   | 489,92 $\pm$ 14,3           | 682,1 $\pm$ 14,16      | 660,05 $\pm$ 42,85      |

Das durchschnittliche Körpergewicht der Hochbrutflugenten lag bei 1039g  $\pm$  62,26, das der Pommernenten bei 2238,5  $\pm$  230,04 und das der Streicherenten bei 1991,17  $\pm$  156,56.

Die Ergebnisse der linearen Regressionsrechnung der Hirn(struktur)volumina sind in den nächsten Abbildungen und in Tabelle 10 dargestellt. Abbildung 46 zeigt den allometrischen Vergleich des Gesamthirnvolumens in Relation zum Körpergewicht. Das Gesamthirnvolumen enthält, falls vorhanden, das Volumen des Fettkörpers.

Es wird deutlich, dass das Gesamthirnvolumen der Landenten eine größere Streuung aufweist, als es bei den Vergleichsrassen zu beobachten ist. Zudem ist es im Mittel größer.

Nach statistischer Überprüfung der Indices zeigt sich, dass das Gesamthirnvolumen der Landenten im Vergleich zu den anderen Rassen signifikant größer ist ( $t=2,651$ ;  $p=0,011$ ). Überprüft man die anderen Rassen einzeln im Vergleich zu den übrig gebliebenen Rassen, inklusive Landenten, so ist das Gesamthirnvolumen der Pommernenten allometrisch betrachtet signifikant kleiner ( $t=3,11$ ;  $p=0,003$ ).

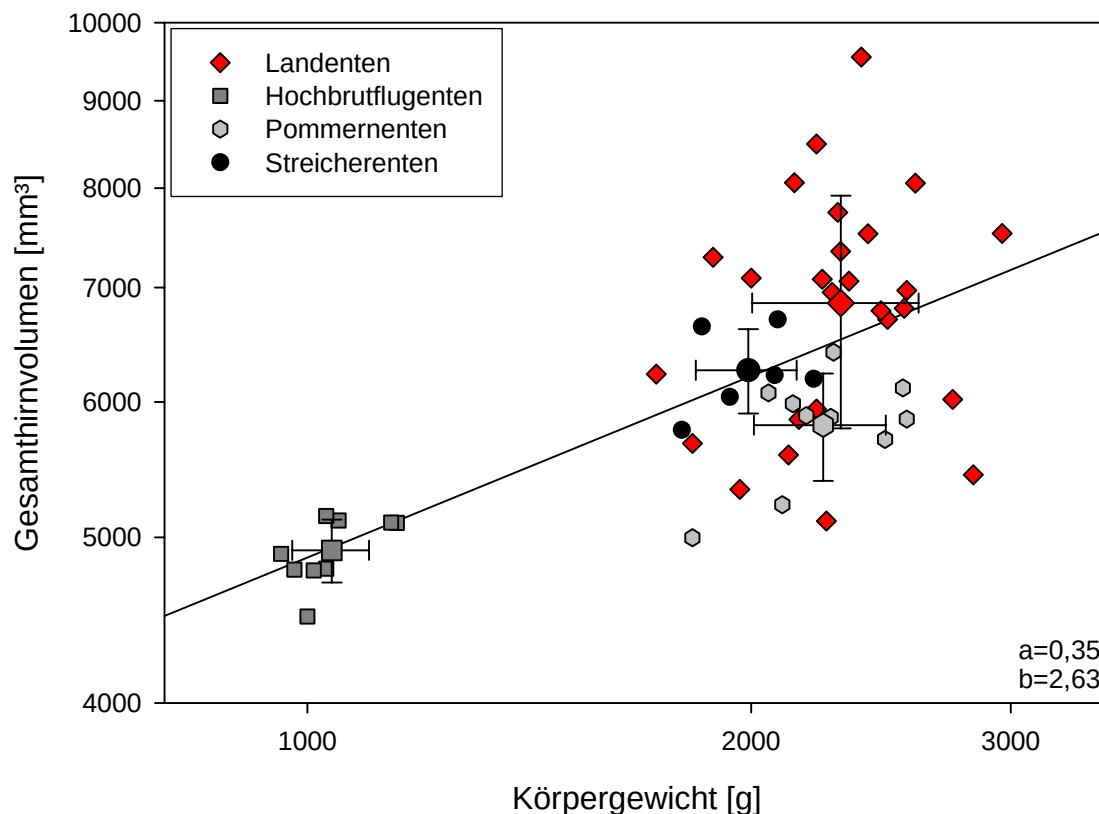


Abb. 46: Doppelt logarithmische Auftragung des Gesamthirnvolumens in Relation zum Körpergewicht.  
Dargestellt sind die Einzelwerte und die Mittelwerte pro Rasse mit Standardabweichung.

Subtrahiert man das Volumen des Fettkörpers und aller nicht einheitlich bzw. eindeutig messbaren Strukturen wie das Volumen der Ventrikel oder der Hirnnervenanschnitte, so erhält man das Netthirnvolumen. Im allometrischen Vergleich (Abb. 47) zeigt sich, dass nun, ohne das Volumen des Fettkörpers, die Gehirngröße der Landenten durchschnittlich nicht nur an Variabilität bzw. Streuung verliert, sondern signifikant kleiner im Vergleich zu der Referenzgruppe ist ( $t=-2,325$ ;  $p=0,024$ ).

Überprüft man die anderen Rassen einzeln im Vergleich zu den übrig gebliebenen Rassen, inklusive Landenten, so ist das Nettohirnvolumen der Streicherenten allometrisch betrachtet signifikant größer ( $t=4,563$ ;  $p<0,001$ ).

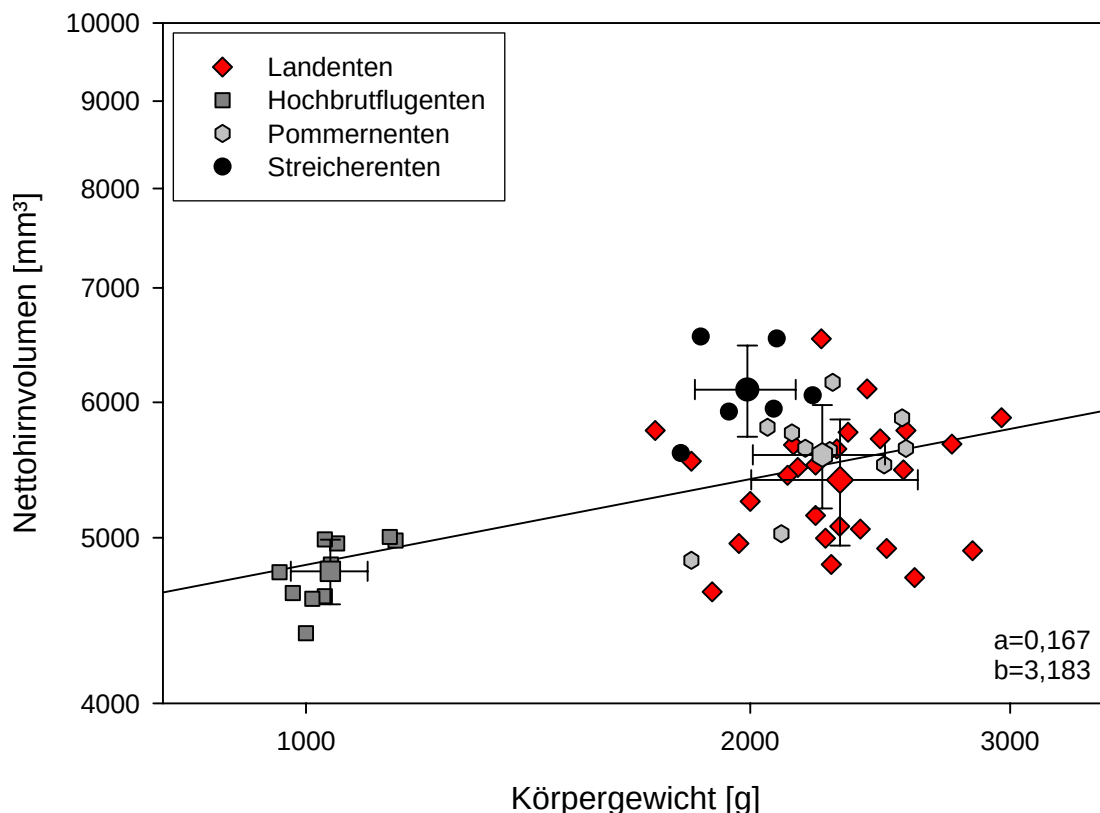


Abb. 47: Doppelt logarithmische Auftragung des Nettohirnvolumens in Relation zum Körpergewicht.  
Dargestellt sind die Einzelwerte und die Mittelwerte pro Rasse mit Standardabweichung.

In den folgenden Schritten wurden die Indices aller in 2.6.2.3. aufgeführten Strukturen errechnet und statistisch verglichen. Die Abbildungen 48-51 zeigen die allometrische Auftragung der Strukturen, bei denen sich signifikante Unterschiede zwischen den Landenten und der Referenzgruppe ergaben. Das Cerebellum, das Tegmentum, das Hyperpallium apicale und der Bulbus olfactorius der Landenten sind, allometrisch betrachtet, signifikant kleiner im Vergleich zur Referenzgruppe (Cerebellum:  $t=-2,882$ ,  $p=0,006$ ; Tegmentum:  $t=-2,567$ ,  $p=0,013$ ; Hyperpallium apicale:  $t=-2,056$ ,  $p=0,045$ ; Bulbus olfactorius:  $t=-4,392$ ,  $p<0,001$ ).

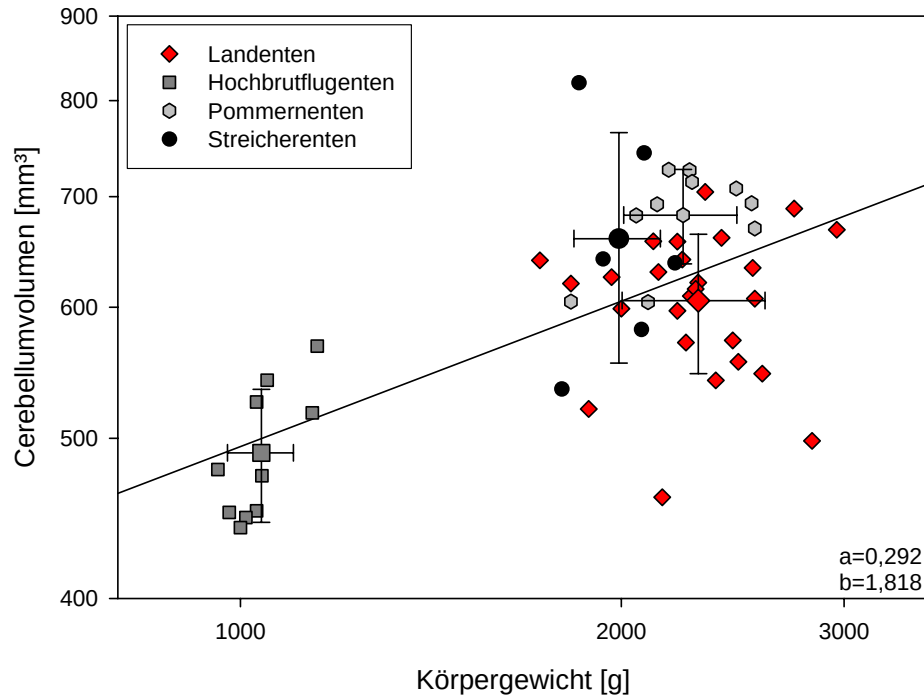


Abb. 48: Doppelt logarithmische Auftragung des Cerebellumvolumens in Relation zum Körpergewicht.  
Dargestellt sind die Einzelwerte und die Mittelwerte pro Rasse mit Standardabweichung.

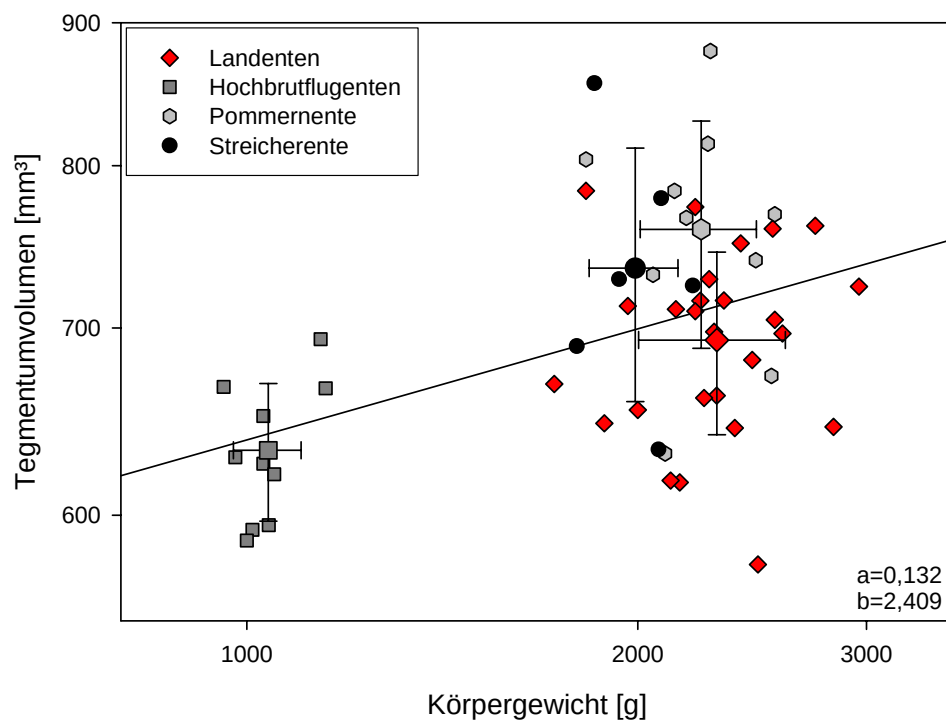


Abb. 49: Doppelt logarithmische Auftragung des Tegmentumvolumens in Relation zum Körpergewicht.  
Dargestellt sind die Einzelwerte und die Mittelwerte pro Rasse mit Standardabweichung.



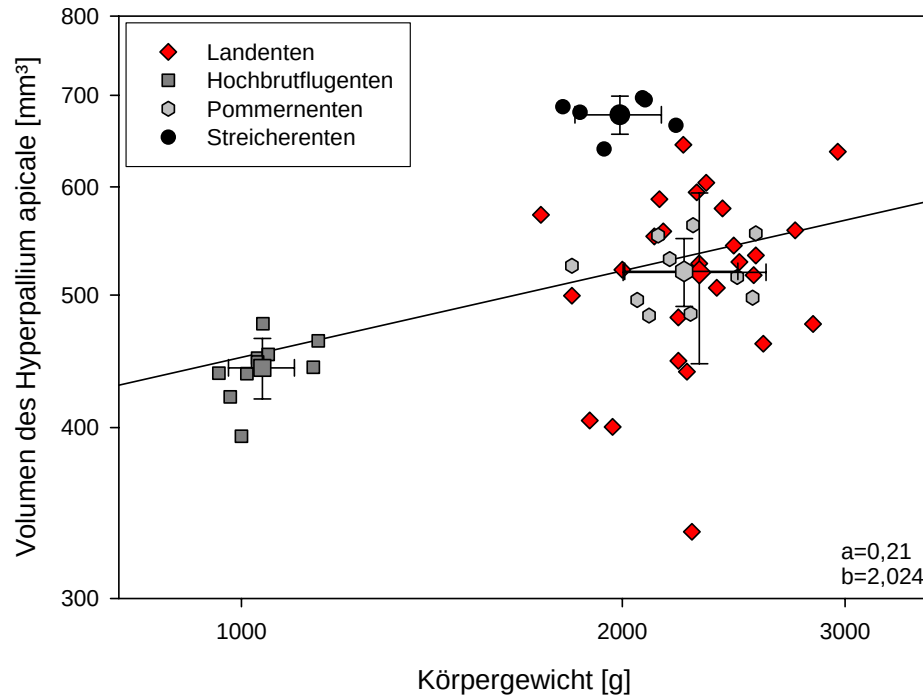


Abb. 50: Doppelt logarithmische Auftragung des Volumens des Hyperpallium apicale in Relation zum Körpergewicht. Dargestellt sind die Einzelwerte und die Mittelwerte pro Rasse mit Standardabweichung.

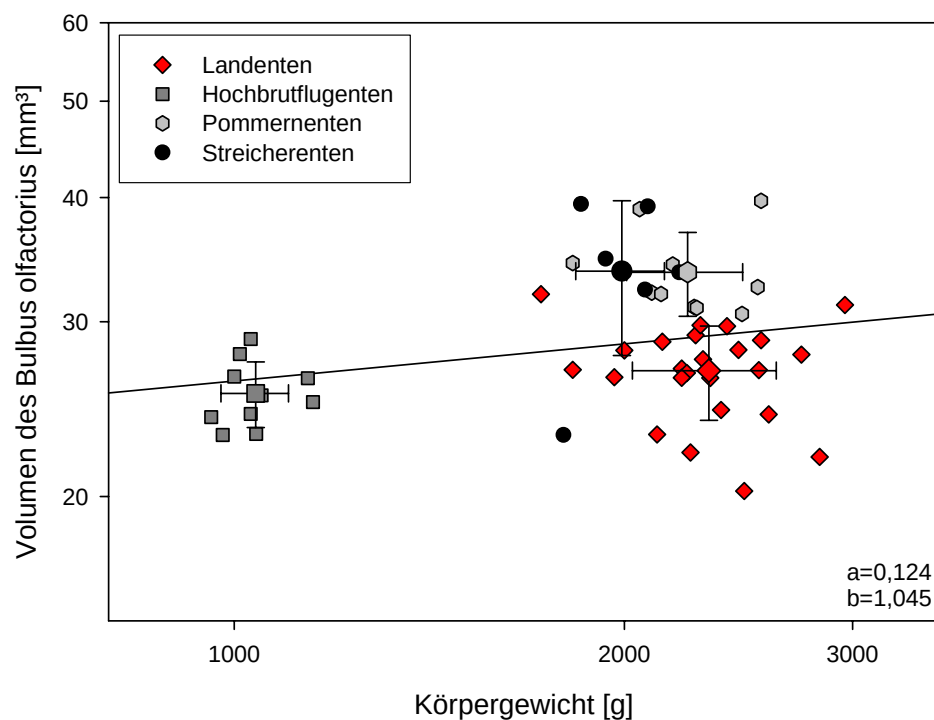


Abb. 51: Doppelt logarithmische Auftragung des Volumens des Bulbus olfactorius in Relation zum Körpergewicht. Dargestellt sind die Einzelwerte und die Mittelwerte pro Rasse mit Standardabweichung.

Überprüft man die anderen Rassen einzeln im Vergleich zu den übrig gebliebenen Rassen, inklusive Landenten, so ist das Cerebellumvolumen der Pommernenten und Streicherenten allometrisch betrachtet signifikant größer (ST:  $t=-2,041$ ;  $p=0,047$ ; PO:  $t=-2,799$ ;  $p=0,007$ ). Das Volumen des Tegmentum und des Bulbus olfactorius der Pommernenten im Vergleich zu den anderen Rassen ist ebenfalls signifikant größer (Tg:  $t=2,796$ ;  $p=0,007$ ; B:  $t=-3,837$ ,  $p<0,001$ ), ebenso wie das Volumen des Hyperpallium apicale und Bulbus olfactorius der Streicherenten (Ha:  $t=-7,441$ ,  $p<0,001$ ; B:  $t=-3,039$ ,  $p=0,004$ ).

Tabelle 10 zeigt die errechneten Größenindices aller vermessenen Strukturen der Landenten und der Referenzgruppe, bestehend aus Hochbrutflugenten, Pommernenten und Streicherenten. Die Strukturen, wo sich signifikante Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen zeigen (siehe auch Abbildungen 48-51), sind rot markiert.

Tab. 10: Größenindices der vermessenen Hirnstrukturen von Landenten und der Referenzgruppe. Dargestellt sind die Mittelwerte mit Standardfehler (\* $p<0,05$ , \*\* $p<0,01$ , \*\*\* $p<0,001$ ).

| Struktur                              | HBT+PO+ST<br>(N=26) | Landenten<br>(N=26) |
|---------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Gesamthirnvolumen                     | 97,98±1,32          | 107,26±3,22*        |
| Nettohirnvolumen                      | 102,72±1,53         | 97,49±1,64*         |
| Hyperpallium apicale                  | 104,98±2,91         | 96,87±2,66*         |
| Hyperpallium densocellulare           | 101,63±2,45         | 100,63±2,34         |
| Hyperpallium ventrale                 | 101,42±2,22         | 97,87±1,92          |
| Nidopallium                           | 103,11±2,09         | 98,47±2,3           |
| Globus pallidus/Laterales<br>Striatum | 101,44±1,69         | 99,86±3,03          |
| Hippocampus                           | 101,05±1,94         | 100,97±4,27         |
| Septum                                | 102,24±1,69         | 99,21±3,38          |
| Area prepiriformis                    | 99,66±2,68          | 103,28±3,62         |
| Bulbus olfactorius                    | 109,44±3,14         | 92,49±2,12***       |
| Telencephalon                         | 102,75±1,99         | 98,53±2,15          |
| Diencephalon                          | 102,33±1,74         | 98,77±1,98          |
| Tractus opticus                       | 104,39±2,33         | 97,98±3,04          |
| Tectum                                | 101,51±2,07         | 99,23±1,86          |
| Tegmentum                             | 103,4±1,85          | 97,38±1,45*         |
| Cerebellum                            | 104,89±2,24         | 96,34±1,94**        |

Es fällt auf, dass fast alle Strukturen allometrisch betrachtet bei den Landenten kleiner sind, bzw. kleinere Indices haben. Einzige Ausnahme ist die Area prepiriformis, die mit einem Größenindex von 103,28 über der durch die Regressionsgerade formulierten Erwartung und über dem Größenindex der Vergleichsrassen liegt.

Tabelle 11 zeigt die Ergebnisse der Pearson Korrelationsanalysen, die zwischen dem Fettkörpervolumen und den reduzierten Strukturen berechnet wurden. Es besteht eine positive Korrelation zwischen ansteigendem Fettkörpervolumen und ansteigendem Gesamthirnvolumen vorliegt. Bei den reduzierten Strukturen liegt keinerlei negative Korrelation zum Fettkörpervolumen vor, d. h. die Strukturen werden nicht mit dem Anstieg des Fettkörpervolumens kleiner, bzw. eine Folgerung „je größer der Fettkörper, desto kleiner die betroffene(n) Struktur(en)“ lässt sich statistisch nicht belegen.

Tab. 11: Pearson Korrelationsanalysen zwischen Fettkörpervolumen und den reduzierten Hirnstrukturen

|                                         | <b>Fettkörpervolumen</b> |
|-----------------------------------------|--------------------------|
| <b>Gesamthirnvolumen</b>                | $r=0,908$ ; $p<0,001$    |
| <b>Nettohirnvolumen</b>                 | $r=-0,271$ ; $p=0,18$    |
| <b>Cerebellumvolumen</b>                | $r=-0,142$ ; $p=0,49$    |
| <b>Tegmentumvolumen</b>                 | $r=-0,0147$ ; $p=0,949$  |
| <b>Volumen des Hyperpallium apicale</b> | $r=-0,174$ ; $p=0,394$   |
| <b>Volumen des Bulbus olfactorius</b>   | $r=-0,0759$ ; $p=0,725$  |

In Tabelle 12 werden die prozentualen Anteile der vermessenen Hirnstrukturen am Gesamthirn der untersuchten Rassen dargestellt. Das Nidopallium stellt mit rund 31% den größten Hirnteil dar, gefolgt vom Tegmentum (13%) und Cerebellum (11%). Als prozentual gesehen kleinste Struktur erweisen sich die Area prepiriformis (0,3%) und der Bulbus olfactorius (0,55%). Die Rassen zeigen alle eine sehr ähnliche prozentuale Verteilung der Hirnstrukturen am Gesamthirn mit nicht allzu großen Differenzen. Bei Betrachtung der prozentualen Hirnzusammensetzung unterscheiden sich die Rassen scheinbar nicht. Eine Überprüfung dieser Isometrie- Hypothese erfolgte mittels der hierarchischen Clusteranalyse (siehe unten).

Tab. 12: Prozentualer Anteil der vermessenen Strukturen am Gesamthirn.

| Struktur                    | Landenten<br>(N=26) | Hochbrutflugenten<br>(N=10) | Pommernenten<br>(N=10) | Streicherenten<br>(N=6) |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|
| Hyperpallium apicale        | 9,6%                | 9,2%                        | 9,3%                   | 11,1%                   |
| Hyperpallium densocellulare | 2,9%                | 2,8%                        | 2,8%                   | 2,8%                    |
| Hyperpallium ventrale       | 10,1%               | 10,0%                       | 9,8%                   | 10,2%                   |
| Nidopallium                 | 30,4%               | 31,8%                       | 29,0%                  | 32,2%                   |
| Globus pallidus/Laterales   |                     |                             |                        |                         |
| Striatum                    | 9,0%                | 8,8%                        | 8,7%                   | 8,7%                    |
| Hippocampus                 | 1,5%                | 1,6%                        | 1,5%                   | 1,2%                    |
| Septum                      | 0,7%                | 0,6%                        | 0,7%                   | 0,6%                    |
| Prepiriformis               | 0,3%                | 0,3%                        | 0,3%                   | 0,3%                    |
| Bulbus olfactorius          | 0,5%                | 0,5%                        | 0,6%                   | 0,6%                    |
| Telencephalon               | 65,0%               | 65,7%                       | 62,7%                  | 67,8%                   |
| Diencephalon                | 5,4%                | 5,0%                        | 5,5%                   | 4,8%                    |
| Tractus opticus             | 1,3%                | 1,3%                        | 1,4%                   | 1,2%                    |
| Tectum                      | 4,3%                | 4,5%                        | 4,5%                   | 3,5%                    |
| Tegmentum                   | 12,8%               | 13,2%                       | 13,6%                  | 12,1%                   |
| Cerebellum                  | 11,2%               | 10,4%                       | 12,3%                  | 10,7%                   |

Bisher wurden nur die Rassen Pommernente, Streicherente und Hochbrutflugente als Vergleichsrassen herangezogen, da es sich hierbei um glattköpfige Rassen handelt, bei denen bisher noch keine intrakranialen Fettkörper festgestellt werden konnten. Weiterhin liegen aber Hirndaten von vier Hochbrutflugenten mit Haube aus einer Ausstellungslinie (Standard) und von zehn Hochbrutflugenten mit Haube, die ohne menschliche Obhut im Teufelsmoor leben (siehe 2.1.2.) vor.

Bei allen von diesen Tieren konnten intrakraniale Fettkörper festgestellt werden. Abb. 53 zeigt die durchschnittliche Fettkörpergröße der untersuchten Tiere dieser Rassen.

Das mittlere Fettkörpervolumen betrug bei den Hochbrutflugenten aus dem Teufelsmoor  $59,8 \text{ mm}^3 \pm 43,39$  (Körpergewicht Ø:  $1030 \pm 79,34$ ), bei den Hochbrutflugenten aus der Ausstellungslinie  $287,02 \text{ mm}^3 \pm 297,29$  (Körpergewicht Ø:  $1266,95 \pm 131,81$ ) und bei den Landenten  $973,81 \text{ mm}^3 \pm 930,64$  (Körpergewicht Ø:  $2300,96 \pm 297,52$ ).

Dies entspricht bei den Hochbrutflugenten (Teufelsmoor) durchschnittlich 1,05% des Gesamthirnvolumens ( $5709,94 \text{ mm}^3 \pm 426,05$ ), bei den Hochbrutflugenten (Standard) 4,9%

(Gesamthirnvolumen:  $5821,43 \text{ mm}^3 \pm 255,28$ ) und bei den Landenten 14,2% (Gesamthirnvolumen:  $6854,81 \text{ mm}^3 \pm 1066,22$ ).

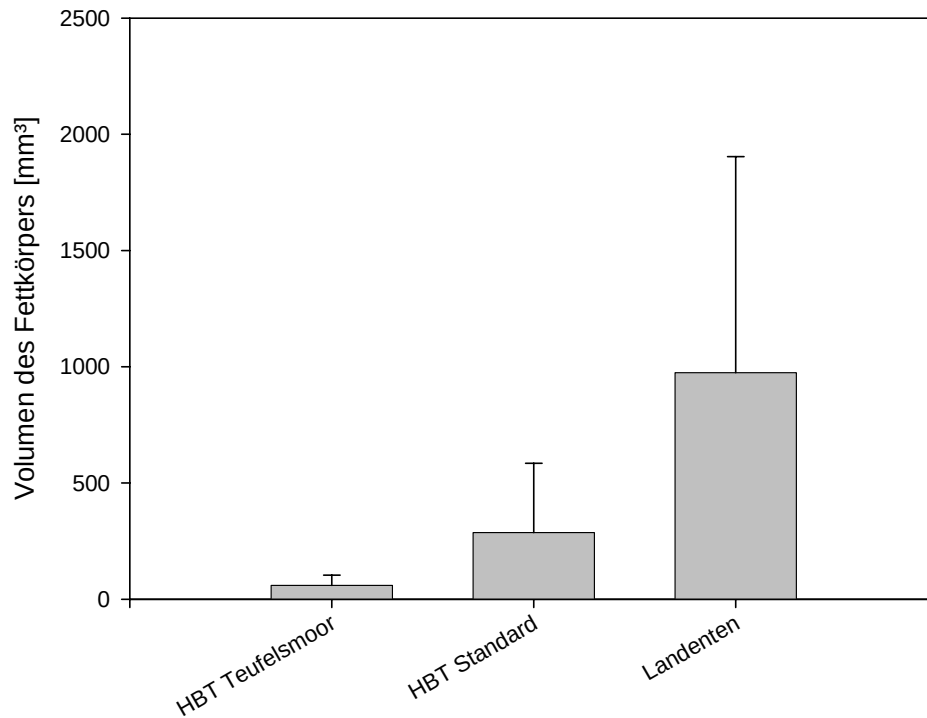


Abb. 53: Durchschnittliches Fettkörpervolumen bei den haubentragenden Rassen Hochbrutflugente (Teufelsmoor), Hochbrutflugente (Ausstellungslinie) und Landente. Es sind die Mittelwerte mit Standardabweichung aufgetragen.

Integriert man die Daten dieser Rassen in die allometrische Auswertung und vergleicht die Indices, so zeigt sich, dass das Gesamthirnvolumen der Landenten immer noch signifikant größer ist ( $t=2,42$ ;  $p=0,018$ ) als die nunmehr um die HBT Standard und HBT Teufelsmoor vergrößerte Referenzgruppe (Abb. 54). Das Nettohirnvolumen der Landenten ist bei dieser Vergleichsgruppe aber nicht mehr signifikant kleiner ( $t=-1,922$ ;  $p=0,059$ ) (Abb. 55).

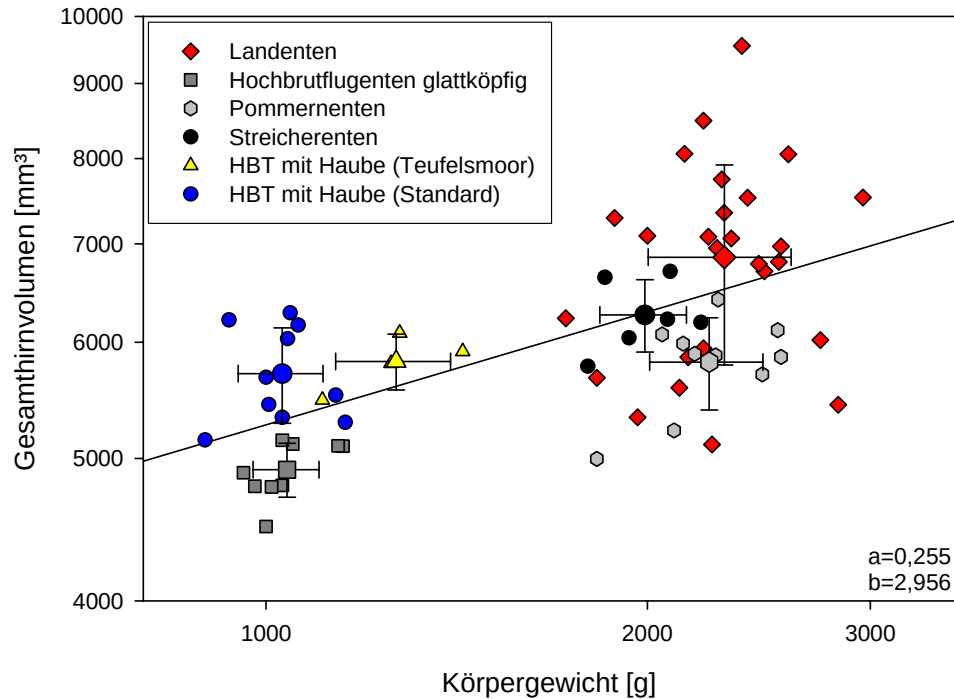


Abb. 54: Doppelt logarithmische Auftragung des Gesamthirnvolumens in Relation zum Körpergewicht.  
Dargestellt sind die Einzelwerte und die Mittelwerte pro Rasse mit Standardabweichung

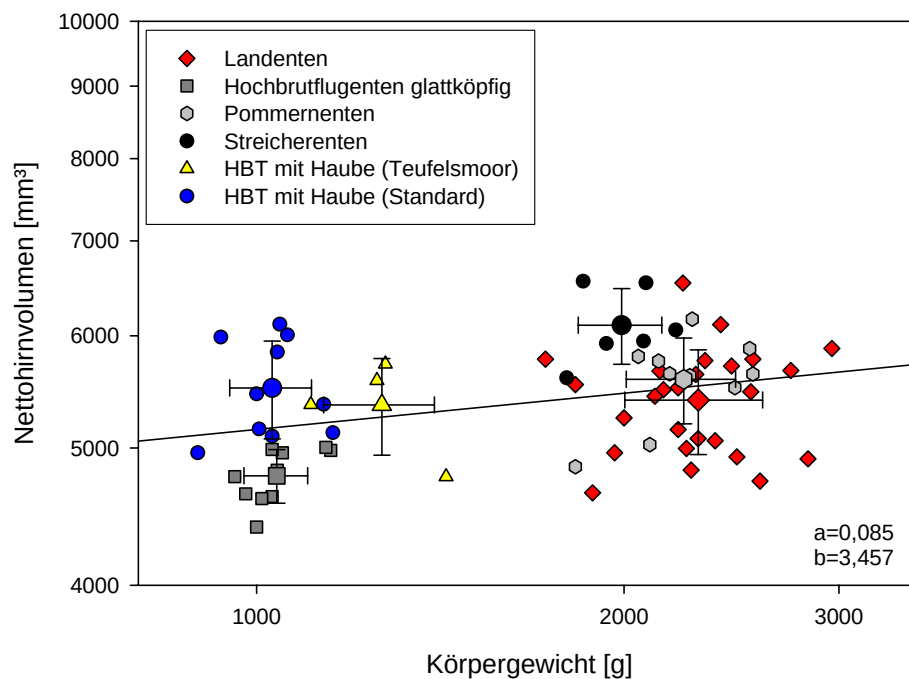


Abb. 55: Doppelt logarithmische Auftragung des Nettohirnvolumens in Relation zum Körpergewicht.  
Dargestellt sind die Einzelwerte und die Mittelwerte pro Rasse mit Standardabweichung

Es fällt besonders der hohe Encephalisationsindex der Hochbrutflugenten mit Haube aus dem Teufelsmoor ins Auge, der auch beim Vergleich der Nettohirnvolumina noch weit über der Regressionsgerade liegt ( $106,72 \pm 2,68$ ). Auch die Daten der Streicherenten sind beim Nettohirnvolumen mit einem durchschnittlichen Index von  $111,74 \pm 2,76$  ebenfalls weit über der Regressionsgeraden angesiedelt.

Die Indexberechnungen zeigen, dass die untersuchte Landentenpopulation in mehreren Hirnteilen Unterschiede zu den Vergleichsrassen aufweist. Aus diesen Berechnungen geht nicht hervor, ob sich diese, in Bezug auf das Körpergewicht errechneten Reduktionen auf die Gesamthirnzusammensetzung der Population auswirken und diese rassotypisch kennzeichnen oder auf Einzelfälle zurückzuführen sind. Die Überprüfung, ob die Hirnzusammensetzung der Landenten homogen ist bzw. es eine „landententypische“ Hirnzusammensetzung gibt, wurde mit einer hierarchischen Clusteranalyse durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser Clusteranalyse sind in Abb. 56 dargestellt. Das Dendrogramm illustriert die Gruppierung (Cluster) der Individuen basierend auf euklidischen Distanzen. Der Abstand zwischen den Clustern ist als „linkage distance“ angegeben. Bei einem Abstand von 22 lassen sich zwei Großgruppen identifizieren, die allerdings beide recht durchmischt sind. Die linke, kleinere, Gruppe beinhaltet mit Ausnahme eines Tieres alle glatköpfigen Hochbrutflugenten, die rechte Gruppe alle Pommernenten. Alle anderen Rassen sind in beiden Großgruppen vertreten, wobei das Verhältnis der Landenten der linken und rechten Gruppe 6 zu 20 beträgt. Die nächste Abspaltung der 1. Gruppe erfolgt bei einer Distanz von 7 und stellt ein recht einheitliches Cluster mit fast allen glatköpfigen Hochbrutflugenten (wieder mit Ausnahme eines Tieres), einer Landente, zwei HBT aus dem Teufelsmoor und einer HBT Standard dar. In der zweiten Gruppe sind sechs der Hochbrutflugenten aus dem Teufelsmoor bis zu einem Abstand von 4 gruppiert. Es lassen sich keine weiteren auffälligen Gruppierungen feststellen. Die verschiedenen Entenrassen und vor allem die Landenten zeigen eine große Heterogenität bezüglich ihrer Hirnzusammensetzung. Dabei sei daran erinnert, dass in die Berechnung % -Werte einbezogen wurden, um den Einfluss des Körpergewichts auszuschalten (siehe 2.6.2.4.)



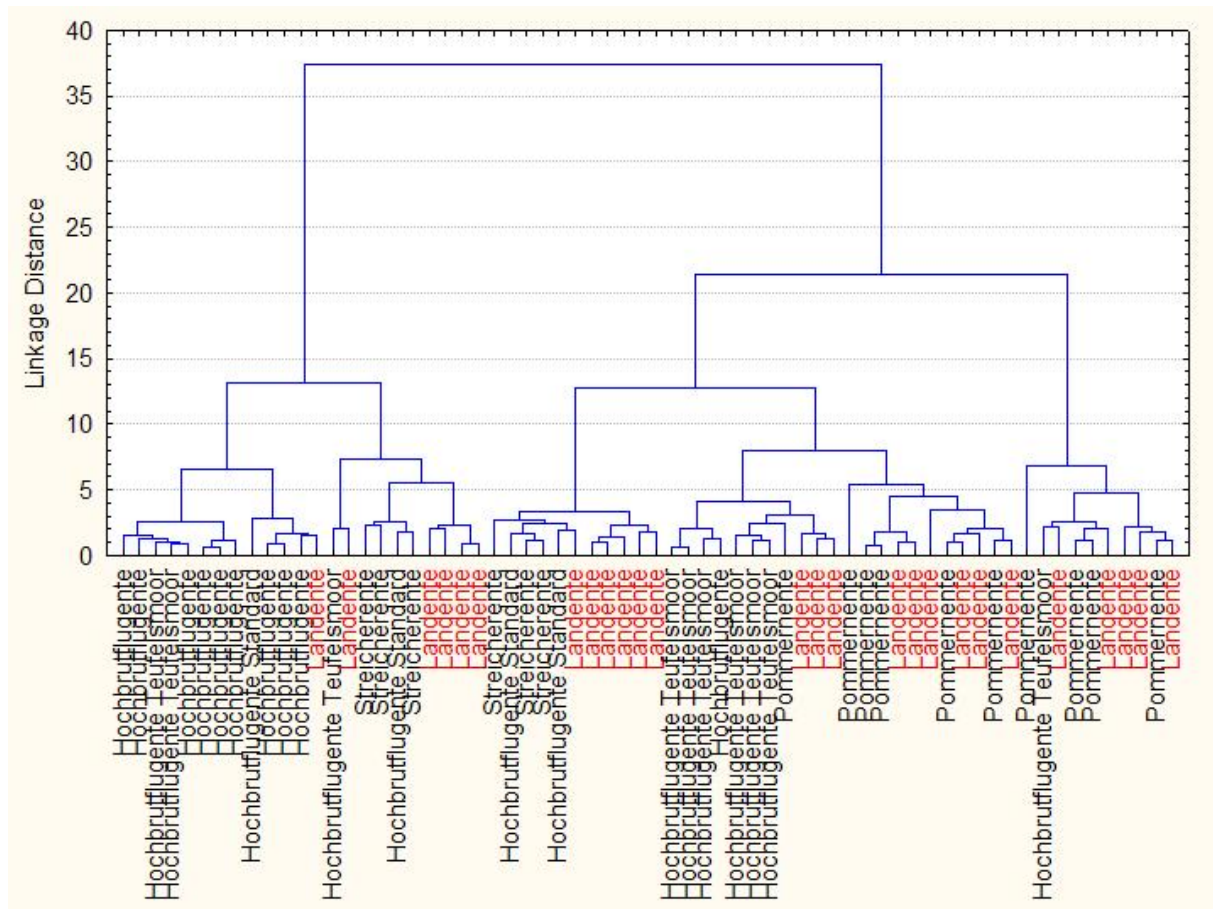


Abb. 56: Dendrogramm für 66 Enten von 6 verschiedenen Rassen erstellt nach der Ward-Methode mit euklidischen Distanzen. Als Variablen wurden die Volumina von 14 Hirnteilen eingesetzt.

Die individuellen Hirndaten aller Tiere befinden sich im Anhang.

### 3.4.2. Übergreifende Ergebnisse

Im Folgenden werden kurz Ergebnisse dargestellt, die sich übergreifend aus den Auswertungen der verschiedenen Teilbereiche zusammensetzen. In diesem Teil werden die Tiere mit vollständigen Hirndatensätzen (26 Stück) noch einmal bezüglich ihrer Ergebnisse in den anderen Teilbereichen genauer betrachtet. Ein Großteil dieser Tiere war auch in der Zucht eingesetzt; die daraus resultierenden Zuchtergebnisse wurden bereits in 3.3. erläutert.

Nach dem Durchlaufen der Verhaltensexperimente wurden 10 der Tiere als „schlecht“ (niedriger Rang) und 16 Tiere als gut (hoher Rang) klassifiziert. Gleichzeitig waren die 10 als „schlecht“ eingestuften

Tiere auch außerhalb der Experimente als verhaltensauffällig beschrieben worden. D.h. sie zeigten im Laufe des Wachstums mindestens einmal, häufig auch mehrmals, Bewegungsstörungen wie Schwanken, Torkeln, Niederstürzen etc. Art, Häufigkeit und Umfang dieser Auffälligkeiten wurden protokolliert, fanden aber hier keine nähere Berücksichtigung.

Abb. 57 gibt die durchschnittlichen Zeiten aus allen Umdrehtests dieser beiden Gruppen wieder. Die Enten, denen aufgrund der Verhaltensexperimente ein niedriger Rang zugeordnet wurde, haben eine durchschnittliche Umdrehzeit von  $13,39s \pm 21,92$ , die mit einem hohen Rang versehenen Tiere brauchen durchschnittlich  $1,42s \pm 0,79$ . Die beiden Gruppen unterscheiden sich bezüglich ihrer Zeiten im Umdrehtest signifikant ( $t=2,21$ ;  $p=0,037$ ).

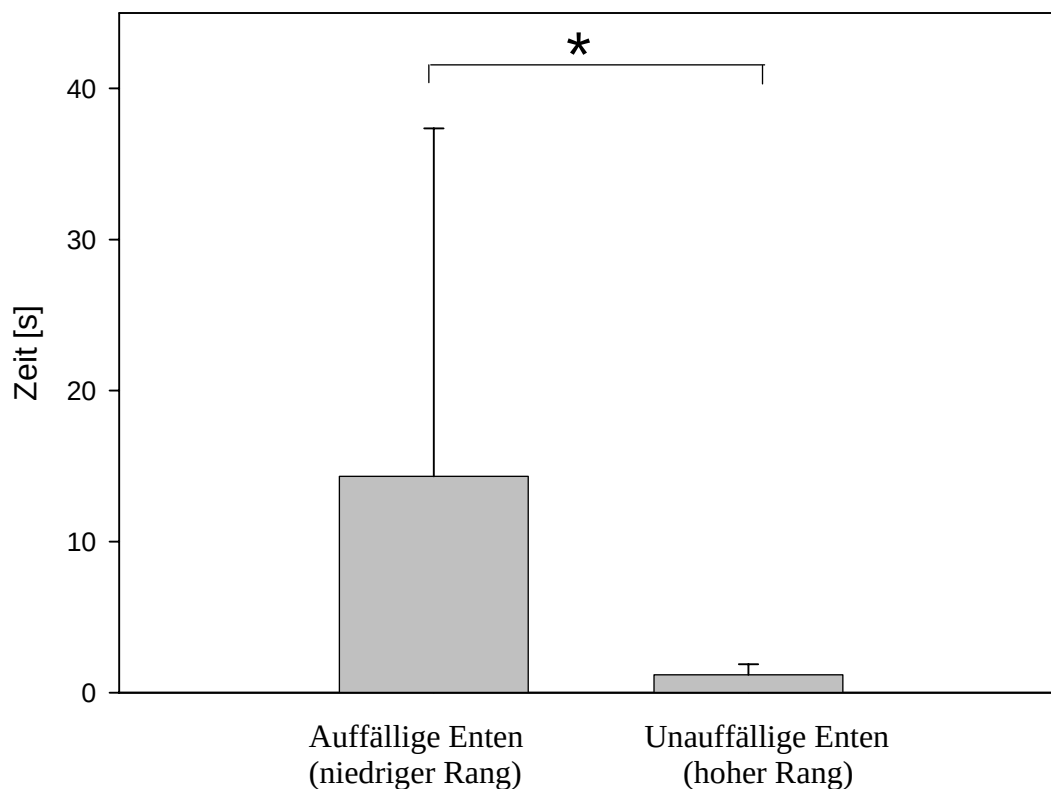


Abb. 57: Durchschnittliche Zeiten aus den Umdrehexperimenten der Enten mit guten (hoher Rang) und mit schlechten (niedriger Rang) Experimentalergebnissen. Dargestellt sind Mittelwerte mit der Standardabweichung.

Aufgrund der erhobenen hirnmorphologischen Daten konnten nun auch die Fettkörpervolumina dieser beiden Gruppen getestet werden (Abb. 58). Es zeigt sich, dass die Tiere mit guten Testergebnissen einen signifikant kleineren Fettkörper haben, als die Tiere mit schlechten Testergebnissen ( $t=2,583$ ;  $p=0,016$ ).

„Rangniedrige“ Tiere:  $\bar{X} 1512,22 \text{ mm}^3 \pm 1174,11$

„Ranghohe“ Tiere:  $\bar{X} 637,31 \text{ mm}^3 \pm 549,83$ .

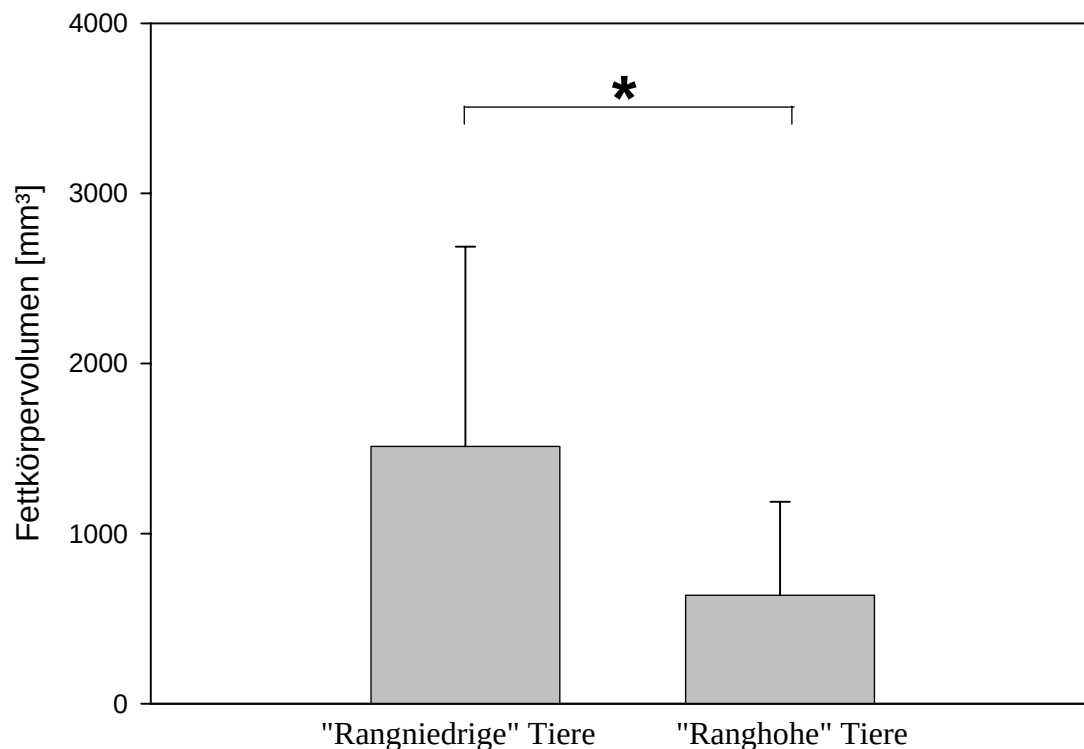


Abb. 58: Mittelwert und Standardabweichung des Fettkörpervolumens der Enten mit schlechten Testergebnissen („Rangniedrige“ Tiere) und der Enten mit guten Testergebnissen („Ranghohe“ Tiere).

Vergleicht man die Volumina des Nettohirns, des Cerebellums, des Tegmentums, des Hyperpallium apicale und des Bulbus olfactorius dieser beiden Gruppen miteinander, so ergeben sich beim Cerebellum, beim Tegmentum und beim Bulbus olfactorius keine signifikanten Unterschiede, beim Nettohirnvolumen und dem Volumen des Hyperpallium apicale jedoch schon (Nettohirn:  $t=-3,789$ ,  $p<0,001$ ; Hyperpallium apicale:  $t=-3,589$ ,  $p=0,001$ ).

Kalkuliert man mit diesen beiden Gruppen ebenfalls eine Clusteranalyse, so ergibt sich nachfolgendes Dendrogramm (Abb. 59). Den Bezeichnungen „rangniedrig“ bzw. „ranghoch“ sind noch die jeweiligen Fettkörpergrößen hinzugefügt. Es lassen sich zwei Großgruppen bei einer Distanz von 11 ausmachen.

Für 5 ranghohe und 4 rangniedrige Tiere lassen sich Cluster bei einem Abstand von 5 bzw. 4 ausmachen. Bezüglich der anderen Tiere oder der Fettkörpergrößen lassen sich keine weiteren Cluster ausmachen.

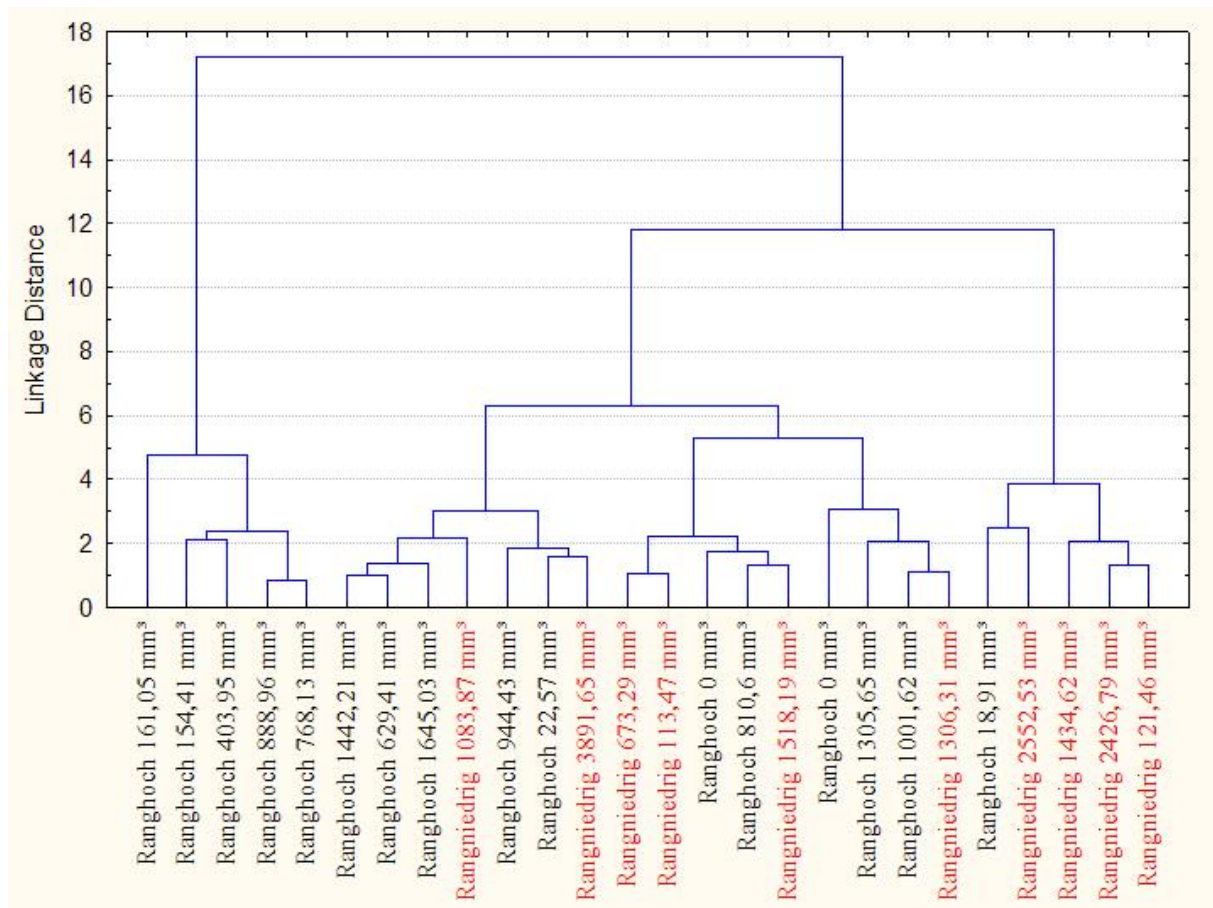


Abb. 59: Hierarchische Clusteranalyse. Dendrogramm für 26 Landenten erstellt nach der Ward-Methode mit euklidischen Distanzen. Als Variablen wurden die Volumina von 14 Hirnteilen eingesetzt.

## **4. Diskussion**

### **4.1. Verhaltensuntersuchungen, Bewegungsstörungen**

Unter Bewegungsstörungen im engeren Sinne versteht man motorische Störungen zentralnervösen Ursprungs. Dabei werden Begriffe wie Ataxie oder Koordinationsstörung oft mit cerebellaren Läsionen gleichgesetzt [Conrad und Ceballos-Baumann, 1996; Regard et al., 2002].

Bei Landenten mit und ohne Haube werden häufig Störungen in der Bewegungskoordination beobachtet. Diese äußern sich bei den im Rahmen dieser Arbeit beobachteten Fällen meistens in einem unsicheren, schwankenden Gang und gegebenenfalls unvermitteltem Niederstürzen. Gerichtetes Geradeausgehen bereitet dabei ebenso Probleme, wie das Ausführen von Komfortverhalten wie Schütteln, Putzen etc.. Diese Bewegungsstörungen könnten auch unter dem Oberbegriff Ataxie zusammengefasst werden, weil damit Bewegungsstörungen zusammengefasst werden, die sich durch eine Störung bzw. Unfähigkeit zur Koordination von Bewegungsabläufen darstellen. Die beobachteten Symptome decken sich mit Beobachtungen sowohl älterer als auch neuerer Literatur [Krautwald, 1910; Requate, 1959; Bartels et al., 2002; Frahm et al., 2005; Cnotka et al., 2006]. Die Ausprägung dieser Beeinträchtigungen ist sehr variabel und von Tier zu Tier unterschiedlich.

Manche Tiere zeigten nur einmalig Verhaltensauffälligkeiten, während andere Tiere so starke Störungen hatten, dass sie eingeschläfert werden mussten. Im letzteren Fall konnte meistens beobachtet werden, dass die Tiere auf den Rücken fielen und nicht mehr ohne fremde Hilfe aufstehen konnten. Diese Aussagen lassen erkennen, dass die Ausprägung der Symptome nicht einheitlich bei jedem Tier ist. Die grundsätzliche Ähnlichkeit der Symptome spricht jedoch für einen ähnlichen Ursprung, auf den in 4.3.2. noch näher eingegangen wird.

Die untersuchten Landenten erschienen bis auf diese Tiere, die Ausnahmen darstellten, bezüglich ihrer koordinativen Fähigkeiten als sehr homogene Gruppe. Latent vorhandene Defizite im motorischen Bereich sollten durch Verhaltensexperimente erkennbar gemacht werden. Dabei wurde sehr schnell deutlich, dass die Provokation des Gleichgewichts- bzw. Koordinationssystems bei Enten schwierig ist.

Die Schwierigkeit lag entweder darin, dass sich durch das Experiment keine Unterschiede innerhalb der Population zeigten oder in dem Problem, die Beobachtungen zu quantifizieren. Das Umdrehexperiment stellte sich hier als sehr viel versprechend dar, im Mittel konnten klare Unterschiede bezüglich der Schnelligkeit des Umdrehens zwischen den Tieren

festgehalten werden. Aufgrund der Ergebnisse des Umdrehexperimentes konnte eine Rangfolge der Tiere aufgestellt werden, auf deren Nutzen noch in 4.4. näher eingegangen wird.

Mit dem Beginn des Umdrehexperimentes im Kükenalter und dem Zeitpunkt, zu dem die Umdrehzeiten aus 3.1.2. und 3.1.3. integriert wurden, erhöhen sich die Durchschnittszeiten für das Aufrichten im Umdrehexperiment. Dies kann u. a. damit erklärt werden, dass es während des Wachstums der Küken vor dem Erreichen der vollen Befiederung immer eine Phase gibt, wo das Verhältnis des schon recht großen Körpers so ungünstig zu den noch nicht befiederten Flügeln ist, die beim Umdrehen zum Abstützen genutzt werde. Auch Stress scheint einen Einfluss auf die Motorik zu haben, was sowohl das Experiment 3.1.2. und die erhöhten Umdrehzeiten aus 3.1.2. und 3.1.3. zeigen. Die Tatsache, dass verhaltensauffällig Tiere ihre motorischen Defizite häufig nur in stressauslösenden Situationen zeigen, spricht ebenfalls dafür. In der Humanmedizin ist die Existenz solcher so genannten episodischen Ataxien bekannt und auch hier werden als Auslöser Schreck, Stress oder körperliche Anstrengung genannt. Auslöser können hier eine Vielzahl von (meist Erb-) Krankheiten sein [Klockgether et al., 1996].

Es kann noch hinzugefügt werden, dass sich das Durchführen von Experimenten mit Enten generell als relativ schwierig gestaltet, da die Tiere sehr furchtsam sind und beim Umgang leicht hektisch werden. Dies ist einer der Gründe, warum die in der Humanmedizin entwickelten Diagnosetests für Ataxien, unabhängig davon, ob sie für Enten umgestaltbar gewesen wären, nicht nutzbar waren, da dafür ein konzentriertes, aktives Mitmachen des Tieres Voraussetzung ist. Schon Engelmann [1954] stellte fest, dass Enten aufgrund ihrer Ängstlichkeit und Ablenkbarkeit in Experimenten oft schlechtere Leistungen als erwartet zeigen und schlecht an Versuchsbedingungen zu gewöhnen waren.

## **4.2. Zucht**

### **4.2.1. Befruchtungs- und Schlupfraten**

Die durchschnittliche *Befruchtungsrate* in der eigenen Zucht liegt mit 96 % sehr hoch und bestätigt, dass die Haltungsbedingungen (Einzelgehege mit Legehütte und Schwimmbecken) für eine Entenzucht optimal gestaltet worden sind. Da die Paarung bei Enten normalerweise

im Wasser stattfindet [McKinney, 1962; Desforbes und Wood-Gush, 1976], kann sich eine Haltung ohne Schwimmgelegenheit sehr stark auf die Befruchtungsrate auswirken. Dies lässt sich u. a. bei Bartels et al. [2001d] beobachten, wo sich die Befruchtungsrate der untersuchten Entengruppen zum Einen sehr variabel zwischen den einzelnen Zuchtstämmen gestalten und zum Anderen vielfach nur sehr niedrige Werte erreicht werden. Dort wurde keine ständige Schwimmgelegenheit angeboten. Ähnlich waren die Haltungsbedingungen bei Isguzar [2005]. Auch hier wurde im Durchschnitt bei vier untersuchten türkischen Entenrassen nur eine Befruchtungsrate von knapp 69 % erreicht. Dem widersprechen Daten von Ksiazkiewicz [2002], wo bei zwei polnischen Rassen, trotz intensiver Haltung ohne Schwimmgelegenheit eine Befruchtungsrate von ca. 90 % erhoben wurde.

Die Interpretation von Befruchtungsrate ist also schwierig und mit Rücksicht auf die Haltungsbedingungen durchzuführen. Wie schon deutlich wurde, fällt die große Spannungsbreite auf, die auch in Erhebungen von Pingel [1990] angesprochen wird. Auch hier weisen die aufgelisteten, von verschiedenen Autoren erhobenen Befruchtungsrate starke Unterschiede auf und fallen bisweilen sehr niedrig aus.

Knierim et al. [2004] vermerken, dass neben dem Tretakt auch für das Wohlbefinden und Komfortverhalten Wasser notwendig ist und so überhaupt erst einmal die Bereitschaft zur Fortpflanzung hergestellt wird. Somit ist es unerlässlich, Enten wenigstens eine kleine Bade- oder Duschgelegenheit anzubieten. Enten mit Wasserzugang wachsen schneller, haben saubereres Gefieder und sind ausgeglichener, was auch von Rodenburg et al. [2005] bestätigt wird.

Diese Voraussetzungen sind für eine erfolgreiche Fortpflanzung unerlässlich. Beide Autoren hatten Pekingenten in Mastbetrieben untersucht.

Die in dieser Arbeit erreichte Befruchtungsrate liegt im Vergleich zu allen Literaturwerten überdurchschnittlich hoch (s. o.).

Ebenso lässt die gute Befruchtungsrate, genauso wie die regelmäßige Eiablage der Tiere, auf einen guten Gesundheits- und Allgemeinzustand der Tiere schließen. Ein schlechter Gesundheitszustand schlägt sich sehr schnell in einer reduzierten Reproduktionsleistung nieder [Scholtyssek und Doll, 1978; Lüthgen, 2002].

Bei der Betrachtung der *Schlupfrate* bei Enten zeigt die Literatur ein ähnlich variables Bild wie schon bei den Befruchtungsrate beobachtet wurde. Die Schlupfrate schwanken



zwischen ca. 37 % bei Kamar et al. [1983], 40 % bei Isguzar [2005], 72 % bei Ksiazkiewicz [2002], 84 % bei Schmitz [1991] und dem Höchstwert von 86 % bei Pingel [1990].

In Betrachtung dieser Werte liegen die hier erhobenen Schlupfraten im guten Mittelfeld und in den Jahren 2005 und 2006 sogar im Optimum. Die Daten liefern im Vergleich mit Literaturwerten keinen Anlass zu der Annahme, dass die Schlupfrate hier schlechter als erwartet bzw. schlechter als bei anderen Rassen ausfällt.

Ein Problem bei der üblichen Kunstbrut ist die Beeinflussung der Schlupfrate durch Technopathien wie z. B. Kunstbrutfehler. Durch Fehler in der Kunstbrut kann eine massive Kükensterblichkeit im Ei hervorgerufen werden und auch eine Reihe von pathologischen Veränderungen können auf Fehler der Inkubationstechnik zurückgeführt werden [Brown, 1979]. Dabei spielt bei der Kunstbrut von Enteneiern vor allem die Feuchtigkeit im Inkubator eine sehr große Rolle. Führt man sich die Bebrütungsweise der wilden Stockente vor Augen, so wird deutlich, dass hier durch die täglichen Bäder des Muttertiers die Eier einer sehr viel größeren Feuchtigkeit ausgesetzt sind (und auch ausgesetzt sein müssen) als es z. B. bei Hühnern der Fall ist. Die wilde Stockente verlässt am Anfang der Bebrütungszeit meist einmal am Tag das Nest, um Nahrung und Wasser aufzunehmen und vor allem um zu baden. Gegen Ende der Bebrütungszeit erhöht sich die Anzahl der „Badegänge“, so dass die Eier zwangsläufig feuchter gehalten werden [McKinney, 1962]. Dieser hohe Bedarf an Feuchtigkeit macht sich auch in der Kunstbrut, vor allem in den letzten Tagen vor dem Schlupf, bemerkbar, wenn u. U. aufgrund zu geringer Feuchtigkeit im Inkubator zahlreiche, vollentwickelte Küken im Ei stecken bleiben können. Die Eihaut ist beim Entenei dann zu fest und zu hart, um vom Eizahn des Kükens durchstoßen werden zu können. Ein Absterben kurz vor dem Schlupf ist die Folge.

Der Anstieg der Schlupfrate 2004 nach dem Einführen des Besprühens der Eier bestätigt die Vermutung, dass die davor erhobene Schlupfrate durch Inkubationsfehler beeinflusst war. Auch die hohe Anzahl an, z. T. phänotypisch unauffälligen, stecken gebliebenen Küken in dem Zuchtjahr 2004 spricht für diese Vermutung. Somit kann für dieses Jahr eine Schlupfrate von 64 % als repräsentativ und realistisch angesehen werden.

Generell lassen sich Befruchtungs- und Schlupfraten von so vielen Faktoren beeinflussen, dass ihre Aussagekraft bedingt ist. Neben den oben erwähnten äußeren Faktoren wie Haltungsbedingungen oder Inkubationsproblemen, können auch innere Faktoren wie Vitaminmangel oder auch bakterielle Erkrankungen eine Rolle spielen. So können z. B. die

Befruchtungs- und auch Schlupfrate durch die Gabe von Vitamin C gesteigert und die Anzahl an missgebildeten Küken verringert werden [Kontecka et al., 2006]. Es ist nicht auszuschließen, dass auch bei dieser Arbeit ein fütterungsbedingter Einfluss vorlag. Jedoch überstiegen auch die von Kontecka et al. erhobenen Schlupfraten nach zusätzlicher Vitamin C Gabe nicht die hier erhobenen Werte. Die hier erhobenen Daten liefern keinen Grund zur Annahme, dass durch die Beseitigung einflussnehmender Faktoren eine weitere Steigerung der Befruchtungs- und Schlupfrate möglich gewesen wäre.

Bei der Betrachtung der Schlupfraten der einzelnen Paare fällt vor allem die, auch nach Verbesserung der Inkubationstechnik, niedrige Schlupfrate des Zuchtpaares III des Jahres 2004 auf. Hier ist nicht auszuschließen, dass es sich um ein von Inzucht verursachtes Problem handelt, da beide Tiere gleichen Alters und gleichen Farbschlags waren, vom selben Züchter stammten und es sich somit evtl. um nah miteinander verwandte Tiere oder sogar Vollgeschwister handelte. In der Rassegeflügelzucht ist es nicht unüblich, an Elterntiere zurückzukreuzen oder Geschwister miteinander zu verpaaren [Carefoot, 1990]. Insofern kann auch nicht beurteilt werden, wie hoch der Inzuchtgrad bei Tieren oder Linien eines Züchters ist. Sinkende Vitalität und Leistungsschwäche gelten als typische Symptome von Inzucht und könnten sich hier in der verringerten Schlupfrate niedergeschlagen haben [Siegmann, 1992]. Je größer der Inzuchtgrad bei Verpaarungen ist, desto schlechter werden die Reproduktionsleistung und auch die Vitalität der Nachzucht. In einem von Hetzer et al. [1961] durchgeführtem Inzuchtexperiment mit Schweinen zeigte sich dies in einer geringeren Anzahl an Ferkeln und einem niedrigeren Gewicht der Ferkel. Errechnet man den Inzuchtkoeffizienten, der die Wahrscheinlichkeit darstellt, dass beide Gene eines beliebig herausgegriffenen Genortes abstammungsgleich sind, so erhält man schon bei der einmaligen Verpaarung von Vollgeschwistern einen Inzuchtkoeffizienten von 25 %. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Elterntiere nicht ingezüchtet waren, sonst erhöht sich der Inzuchtgrad noch [Nitter, 2003]. Da die Abstammung und somit der Inzuchtgrad der Ausgangspopulation nicht bekannt sind, ist es schwierig, zwischen der bestehenden Rasseproblematik und einer Inzuchtproblematik zu unterscheiden.

Das Inzucht auch der Grund für die schlechte Schlupfrate des Zuchtpaares III aus 2005 mit der Ersatzente ist (32 %), scheint wenig wahrscheinlich, da bei der Verpaarung extra auf Inzuchtvermeidung geachtet wurde. Die gute Schlupfrate von 83 % mit der Vorgängerente

lässt darauf schließen, dass diese schlechte Schlupfrate durch den Einfluss des weiblichen Tieres zustande kam. Die ungeschlüpften, präparierten Küken wiesen auch verhältnismäßig häufig Schädeldefekte auf. Somit scheint es Tiere zu geben, die negative Eigenschaften oder Anomalitäten stärker als andere vererben.

Generell kann nichts über den Inzuchtgrad der gesamten Landentenpopulation Deutschlands gesagt werden. Inwiefern ein züchterübergreifender Tieraustausch in der letzten Zeit stattfand, ist nicht belegt, allerdings ist der Bestand an ausstellungsgerechten Tieren erfahrungsgemäß sehr klein, was dazu führen kann, dass auch nur mit einem kleinen Teil weitergezüchtet wird. Somit ist nicht auszuschließen, dass die gesamte Landentenpopulation mehr oder weniger eng miteinander verwandt ist. Ein eventuell negativer Einfluss durch vermehrte Inzucht in der Vergangenheit lässt sich somit nicht ausschließen, allerdings fehlen detaillierte genetische Untersuchungen.

#### **4.2.2. Nichtgeschlüpfte Küken, Missbildungen**

Die beobachteten pathologischen Veränderungen bei den nichtgeschlüpften Küken können nicht auf Technopathien zurückgeführt werden, da sie als genetisch determiniert belegt sind [Willer, 1992]. Viele abgestorbene Küken sprechen laut Willer zwar für Inkubationsfehler, bei pathologischen Veränderungen wie Hernia cerebralis, Brachygnathia superior oder Cephalomelus handelt es sich jedoch um oligogen determinierte Erscheinungen. Als Vergleichswert in der Literatur für die Anzahl an missgebildeten Küken fand sich eine Angabe bei Kontecka et al. [2006]. Sie geben in ihrer Untersuchung über Pekingenten eine sehr niedrige Rate von missgebildeten Küken an (1,5 %), die weit unter den hier erhobenen Werten liegt. Kontecka et al. geben allerdings keine Erklärung zur Art der Missbildungen, was einen Vergleich mit den hier erhobenen Daten erschwert. Bei Kamar et al. [1983] finden sich weitaus höhere Werte. In ihrer Untersuchung über Pekingenten zeigen 25 % der toten Embryonen Missbildungen. Das macht 16 % der befruchteten Eier aus, was unter den Werten der Zuchtjahre 2004 und 2005 (42 % bzw. 23 %) liegt und über dem Wert aus dem Zuchtjahr 2006 (10 %). Auf die Art der bei Kamar et al. erhobenen Missbildungen wird in 4.4. noch näher eingegangen.

Der hohe Anteil von Missbildungen bei der Anzahl der stecken gebliebenen Küken spricht allerdings auch für die optimalen Inkubationsbedingungen. Bei den nichtgeschlüpften Küken

war der Grund des Steckenbleibens durch die beobachteten Missbildungen in den meisten Fällen offensichtlich und konnte nicht auf äußere Faktoren zurückgeführt werden. Als meistbeobachtete Missbildung wurden Encephalocelen beobachtet. Bei diesen Tieren lagen so große Perforationen des Schädeldachs vor, dass es zu Gewebeaustritt kam. Hierbei scheint es sich um ein landententypisches Problem bzw. ein Problem von haubentragenden Linien zu handeln. Die damit oft einhergehende Fehllage im Ei lässt einen Zusammenhang vermuten. Durch die z. T. sehr großen Encephalocelen bzw. Schädelaufwölbungen könnte es zu Problemen beim Erreichen der optimalen Schlupfposition kommen, wofür sich der Embryo bis kurz vor dem Schlupf entsprechend bewegen können muss [Brown, 1979]. Das sich die von Encephalocelen betroffenen Küken bis zur Schlupfreife entwickelt haben, entspricht den Untersuchungen von Zanata [1997], der sowohl bei Enten, als auch bei Hühnern festgestellt hat, dass sich Encephalocelen erst ziemlich spät in der Entwicklungsphase ausbilden und eng mit Entwicklungsstörungen der Schädelknochen verbunden sind. In seiner Untersuchung wurden Encephalocelen durch die Impfung von teratogenen (Fehlbildungen verursachender) Substanzen in das befruchtete Ei verursacht.

### **4.3. Hirnmorphologische Untersuchungen**

#### **4.3.1. Methode, Allometrie**

Der Hauptteil der Auswertung der hirnmorphologischen Untersuchungen erfolgte mit allometrischen Methoden. In der Einleitung ist bereits darauf eingegangen worden, dass sich beim Vergleich der Gehirne verschiedener Arten, Rassen etc. aufgrund von den vorherrschenden Größenunterschieden allometrischen Methoden eignen. Dieser Meinung sind u.a. auch Snell [1892], Dubois [1914], Röhrs [1959], Stephan [1960], Rempe [1962] und Harvey [1988]. Dabei bemerkt Röhrs, dass die Allometrieforschung vor allen Dingen in der Lage ist, Probleme klarer zu umreißen und strukturelle Eigenarten zu kennzeichnen. Das Aufstellen von Hypothesen bezüglich Proportionsänderungen unterschiedlich großer, nah verwandter Tiere in phylogenetischen Größenreihen ist dadurch jedoch oft nicht ausreichend begründet. Zudem muss klar zwischen ontogenetischer, intraspezifischer, interspezifischer und supergenerischer oder evolutionärer Allometrie unterschieden werden und der Größenbereich darf nicht zu groß sein. In dieser Arbeit wurde ein intraspezifischer Vergleich

angestellt, die Körpergrößen der verschiedenen Entenrassen differierten mit einem Faktor von 3 zwar ausreichend für eine entsprechende Regressionsberechnung, lagen aber nicht zu weit auseinander.

Bei Stephan [1960] wird die Wichtigkeit der Aufarbeitung der Gehirne für einen allometrischen Vergleich betont. Das Einbeziehen eines Schrumpfungsfaktors bei der Vermessung (die nach Möglichkeit volumetrisch erfolgen sollte) ist dabei genauso unerlässlich wie eine gute, formgetreue Fixierung. Die in dieser Arbeit durchgeführten hirnmorphologischen Untersuchungen entsprechen diesen Anforderungen, somit konnten repräsentative, vergleichbare Daten erhoben werden.

Der allometrische Vergleich von Körpergröße und Hirngröße erfolgte hier mit einfachen Regressionsberechnungen. Dabei wird die Hirn(struktur)größe üblicherweise als abhängige Variable gewählt, so dass es sich um ein univariates Verfahren handelt. Bei Rempe [1962] wird angeführt, dass eine multi- bzw. hier bivariate Berechnung in Form einer kanonischen Analyse, bei der die Körpergröße ebenfalls als abhängige Variable angesehen wird, geeigneter und präziser wäre. Generell ist die Nutzung des Körpergewichts als Bezugsgröße zwar üblich, sie ist jedoch nicht ohne Skepsis zu betrachten. Der Einfluss des momentanen Ernährungszustandes des Tieres, sprich ob das Tier verfettet oder evtl. abgemagert ist, lässt sich in der Auswertung nicht ersehen, beeinflusst aber natürlich das Ergebnis. Andere Bezugsgrößen, wie z. B. die Länge der Wirbelsäule oder andere Skelettmaße wurden zwar bisweilen vorgeschlagen, sind aber z. T. sehr arbeitsaufwändig, ebenfalls nicht zweifelsfrei repräsentativ und setzten sich nicht durch [Klatt, 1955; Hemmer, 1978]. Geeignet erscheinen Bezugsgrößen wie z. B. die Größe des Hirnstammes [Portmann, 1946a, 1946b; Wirz, 1950], dessen Nutzung sich allerdings ausschließt, wenn man, wie in dieser Arbeit, einen Hirnstrukturenvergleich (inklusive Hirnstamm) anstrebt.

Frahm et al. [2001] haben in ihrer Untersuchung über Gehirne bei Hausentenrassen beide Auswertungsmethoden, die der einfachen Regressionsrechnung und die der kanonischen Analyse, durchgeführt und miteinander verglichen. Beide Methoden erbrachten ähnliche Ergebnisse, so dass davon ausgegangen werden kann, dass bei Nutzung einer kanonischen Analyse keine Unterschiede zu den gewonnenen Daten zu erwarten wären.

Viele Arbeiten gehen auf den Exponenten bzw. die Steigung der Regressionsgeraden als einen vergleichbaren Allometrieexponenten ein [Harvey, 1988]. So postuliert Kruska [1973] bei einem Vergleich der Hirn- und Körpergewichte mehrerer Individuen einer Art aber

unterschiedlicher Körpergröße a-Werte von 0,25 bis 0,3. Die a-Werte der in diesem Fall intraspezifischen Allometrie unterscheiden sich von denen der z. B. interspezifischen Allometrie.

Der in dieser Arbeit erhobene a- Wert von 0,35 beim Vergleich Gesamthirnvolumen-Körpergewicht, liegt somit etwas zu hoch und entspricht eher der Auffassung von Wirz [1950], die nicht nur jeder Art, sondern auch jeder Rasse eine eigene Hirn-Körpergewichtsrelation zusagt. Dem entsprechen auch die Schwankungen der Steigungen beim Vergleich der einzelnen Hirnteile, die ebenfalls nicht alle in dem oben genannten Bereich liegen. Ob es sich bei diesen Allometrieexponenten gerade im Rassenvergleich um aussagekräftige Werte handelt, sei dahingestellt.

#### **4.3.2. Hirnmorphologie, Hirnteilreduktionen**

Das auffälligste hirnmorphologische Merkmal der Focusrasse Landente ist das Vorhandensein eines intrakranialen Fettkörpers. Dieser zeigt eine starke Variabilität bezüglich seiner Größe und ist meist im Bereich des Tentorium cerebelli oder zwischen Telencephalon und Tectum opticum lokalisiert, was die bisher verfasste Literatur bestätigt [Krautwald, 1910; Requate, 1959, Bartels et al., 2001b; Frahm et al., 2001].

Aufgrund der erhobenen Daten (92 % der untersuchten Landenten besaßen einen Fettkörper) kann davon ausgegangen werden, dass bei der Rasse Landente der größte Teil der Tiere einen intrakranialen Fettkörper variabler Größe besitzt. Auch hier bestand kein klarer Zusammenhang zwischen Haubengröße und Fettkörpergröße, ein Umstand, den auch Frahm et al. [2001] und Bartels et al. [1998] schon darstellten und den in dieser Arbeit auch die Hochbrutflugenten mit Haube aus dem Teufelsmoor demonstrieren. Zwar tritt auch hier ein Fettkörper auf, dieser ist jedoch um ein Vielfaches kleiner als bei den Landenten. Der beobachtete Fettkörper bei den Hochbrutflugenten mit Haube (Standard) liegt größtmäßig etwa dazwischen. Bei allen drei Rassen konnten Hauben in vielen verschiedenen Größen beobachtet werden.

Die Zusammensetzung des intrakranialen Fettkörpers bei Haubenenten ist von Bartels et al. [2001b] untersucht worden. Es handelt sich hierbei um eine Ansammlung hoch differenzierter univakuolärer Fettzellen, die von einem stark ausgeprägten Kapillarnetz durchzogen werden. Was das Verhältnis von gesättigten zu ungesättigten Fettsäuren angeht, so zeigen sich gute

Übereinstimmungen zwischen den Gehalten im hypodermalen Haubenpolster und denen des intrakranialen Fettkörpers, während zum Gehalt im Abdominalfett signifikante Unterschiede festzustellen sind. Dazu passt die auch hier gemachte Beobachtung, dass durch Schädelperforationen Fettkörper und Haubenpolster häufig miteinander verbunden sind. Das ähnliche Fettsäuremuster legt die Vermutung nahe, dass beide Fettkörper und Haubenpolster auf gemeinsame entwicklungsbiologische Prozesse zurückzuführen sind. Bartels et al. äußern die Vermutung, dass es im Verlauf der frühen Embryogenese des Tentorium cerebelli zu einer Versprengung hypodermaler Lipoblasten kommen könnte, deren Proliferationsfähigkeit auch bei einer intrakranialen Verlagerung erhalten bleibt [Bartels et al., 2001b].

Generell ist das Auftreten solcher intrakranialen Lipome zwar selten, wird vereinzelt aber auch beim Menschen und anderen Tieren beobachtet [Brander und Perentes, 1995; Sari et al., 1998].

In dem hier erhobenen Rassenvergleich fallen die Landenten durch ein erhöhtes Gesamthirnvolumen auf. Dieses lässt sich aufgrund der positiven Korrelationsanalyse auf das Volumen des intrakranialen Fettkörpers zurückführen.

Das Netthirnvolumen der Landenten ist dagegen im allometrischen Vergleich reduziert. Diese Reduktion ist durch das reduzierte Volumen des Cerebellums, des Tegmentums, des Hyperpallium apicale und des Bulbus olfactorius bedingt.

Dass keine negative Korrelation zwischen der Größe des Fettkörpers und diesen Strukturen besteht, belegt, dass der Fettkörper diese Reduktionen nicht direkt verursacht. Der Befund lässt darauf schließen, dass diese Hirnbereiche als Ganzes in diesen relativ gesehen kleinen Gehirnen suboptimal entwickelt sind.

Sowohl das erhöhte Gesamthirnvolumen als auch die Reduktion des Cerebellums und des Bulbus olfactorius konnten schon Frahm et al. [2001] in ihrer Untersuchung über Landenten mit und ohne Haube zeigen. Die Befunde eines relativ kleineren Hyperpallium apicale und des Tegmentums sind ein neuer Befund.

Ebenso wie das Tegmentum und das Cerebellum findet sich das hier reduzierte Hyperpallium apicale als dorsocaudaler Bereich des Telencephalons in unmittelbarer Nähe zu der typischen Lage des Fettkörpers im Tentorium cerebelli. Das Tentorium cerebelli als Duraduplikatur



entsteht sowohl phylogenetisch als auch ontogenetisch relativ spät und liegt zwischen Hirnstamm, Telencephalon und Cerebellum [Klintworth, 1968]. Es findet sich nur bei Säugetieren und Vögeln [Klintworth, 1968]. Durch ihre Nähe zum Tentorium cerebelli und somit dem Fettkörper ist es bei den betroffenen Hirnteilen möglich, dass sie durch den Fettkörper in ihrer Lage und Struktur beeinflusst werden. Der Bulbus olfactorius ist zwar weit weg von der üblichen Position des Fettkörpers lokalisiert, seine hervorstehende Lage am anterioren Ende des Gehirns kann ihn aber ebenfalls empfänglich für eventuelle Raumanforderungsprozesse des Fettkörpers machen. Die betroffenen Strukturen sprechen dafür, dass am ehesten nah am Fettkörper lokalisierte Strukturen des Gehirns von einer Reduktion betroffen sind oder solche, die bei einer Zunahme des Gesamthirnvolumens durch den Fettkörper als erstes an die durch das Cranium gesetzten Ausdehnungsgrenzen stoßen. Somit scheinen Raumanforderungsprozesse des Fettkörpers eine Rolle bei der Größenentwicklung bestimmter Hirnteile zu spielen.

Eine Dislokation von Strukturen muss in der Regel nicht mit funktionellen Defiziten einhergehen [Rehkämper und Frahm, 1998]. Anders sieht es mit Größenreduktionen aus. Vorherrschende Meinung ist, dass die Größe eines Hirnteils und seine Funktion eng miteinander korrelieren [z. B. Bennett und Harvey, 1985; Rehkämper et al., 1988; Iwaniuk und Hurd, 2005; Sultan, 2005] und dass das Gehirn von Vögeln und Säugetieren plastisch auf sensorische Reize, Erfahrungen (Lernen) oder hormonelle Einflüsse reagieren kann [Cramer, 1988; Clayton und Krebs, 1994; Jacobs und Spencer, 1994].

Eine suboptimale Funktion der betroffenen Strukturen wäre somit möglich und wird im Folgenden diskutiert.

Als Alternative zu dieser funktionalistischen Auffassung bieten Roth et al. [1994] oder Finlay [1998] funktionsunabhängige Erklärungen. Roth et al. zeigten am Tectum opticum von Fröschen und Salamandern, dass die Größe dieser Struktur von der Genomgröße und der daraus resultierenden Zellgröße abhängt, Finlay et al. [1998] vertreten die Auffassung, dass die Hirn(teil)größe von der artspezifischen Neurogeneserate und –dauer abhängt.

Als Konsequenz der Reduktion des Bulbus olfactorius könnte eine suboptimale Funktion der Aufnahme und Verarbeitung olfaktorischer Reize vermutet werden. Als langfristige Folge wäre dann auch eine Abnahme an olfaktorisch geleitetem Verhalten möglich.

Vertreter der Ordnung Anseriformes zeichnen sich innerhalb der Vögel, die eher als Mikrosmatiker gelten, gemeinhin durch verhältnismäßig große Bulbi olfactorii mit großen retrobulbären, präpiriformen und periamygdalaren Bereichen aus [Ebinger et al., 1992]. Auch beim Riechsystem kann die Variation in der Größe auf Anpassungen an bestimmte Umweltbedingungen und Lebensweisen zurückgeführt werden [Bang und Cobbs, 1968]. Die Stockente mit ihrer Bulbusgröße nimmt in einer Rangfolge unter 124 Vogelspezies eine Position im vorderen Drittel ein [Bang, 1971]. Als Gemeinsamkeit der Arten mit großem Bulbus olfactorius führt Bang u. a. auf, dass die meisten von ihnen ihr Nest am Boden bauen und in aquatischer Umgebung leben. Arten, die sich zudem fast nur von Fleisch und Fisch ernähren und in Kolonien brüten, weisen die größten Bulbi olfactorii auf.

Im Vergleich zu der wilden Stockente ist das olfaktorische System bei der Hausente in seiner Größe nicht reduziert [Ebinger, 1995]. Dies spricht dafür, dass sich dessen Wichtigkeit oder die Bedingungen, in denen es genutzt wird, auch im Hausstand unter Menschenobhut nicht großartig geändert haben. Allerdings waren in Ebingers Untersuchungen keine Landenten vertreten.

Sowohl bei Wild- als auch bei Hausgänsen spielen olfaktorische Reize eine größere Rolle bei der Futtersuche als bei Enten [Würdinger, 1979]. Hier wäre eine suboptimale Funktion des olfaktorischen Systems evtl. gravierender und würde sich leichter bemerkbar machen.

Im Falle der Landenten ist eine Beeinflussung oder Beeinträchtigung des Verhaltens oder der Lebensweise eher unwahrscheinlich, zumal auch z. B. die zum olfaktorischen System gehörende Area präpiriformes in ihrer Größe nicht reduziert ist. Laut einer Untersuchung von Teuchert et al. [1986] nimmt nicht nur die Rolle olfaktorischer Reize im Laufe der Ontogenese bei (Peking-) Enten ab, auch die dazugehörigen Strukturen sind beim Embryo und frisch geschlüpften Küken relativ gesehen noch weitaus ausgeprägter als bei der adulten Ente. Dies spricht ebenfalls für eine untergeordnete Rolle des olfaktorischen Systems bei adulten Hausenten.

Insgesamt muss man allerdings herausstellen, dass systematische, quantitative Untersuchungen zur Bedeutung des Riechvermögens bei Enten fehlen. So kann eine Bewertung der reduzierten Bulbi olfactorii bei den hier untersuchten Landenten gegenwärtig noch nicht gegeben werden.

Das Hyperpallium apicale liegt dorsal im Telencephalon und gilt als multimodales Integrationszentrum. Es ist sowohl in das visuelle, als auch in das limbische und das somatosensorische System involviert und wird auch häufig mit kognitiven Leistungen assoziiert. Untersuchungen zeigen, dass es mit Teilen des Isocortex der Säuger vergleichbar ist, was zu der Umbenennung von Hyperstriatum accessorium in Hyperpallium apicale führte [Reiner et al., 2004]. Zusammen mit dem Hyperpallium densocellulare und dem Hyperpallium intercalatum wird auch der Oberbegriff „Wulst“ für dieses Areal benutzt. Vögel sind „Augentiere“, was in Verbindung mit kognitiven Fähigkeiten zu großen Leistungen im z. B. Diskriminationslernen führen kann. Als bekanntestes Beispiel dafür gilt z. B. die Fähigkeit von Tauben, zwischen Bildern von Impressionisten und Expressionisten zu unterscheiden und diese einer Stilrichtung zuzuordnen [Watanabe et al., 1995].

Die visuellen Systeme von Säugern und Vögeln weisen zwei vergleichbare Hauptwege oder Hauptsysteme auf. Im Gegensatz zu Säugern stellt jedoch bei Vögeln das collothalamische oder tectofugale System, mit dem Entopallium als telencephales Projektionsgebiet, das dominante visuelle System dar. Bei Säugern dominiert der lemnothalamische oder thalamofugale Weg mit dem visuellen Cortex als Projektionsgebiet (der Wulst kann in etwa als der primäre visuelle Cortex der Vögel bezeichnet werden) [Güntürkün, 1991; Shimizu und Karten, 1993; Shimizu und Bowers, 1999]. Dies zeigt sich u. a. daran, dass Läsionen im entopallialen Bereich zu Defiziten in der visuellen Diskrimination führen, Läsionen im Wulst jedoch nicht [Watanabe, 2003]. Beide Systeme sind jedoch bei Säugern und Vögeln in einer Umwelt die reich an visuellen Reizen ist, wichtig und notwendig. Die Rolle des Wulstes liegt dabei hauptsächlich in dem Aufbau binokularer Konvergenz und dem Orientieren auf visuelle Stimuli [Güntürkün, 1991; Shimizu und Bowers, 1999]. Tiere mit hohen Anforderungen an das visuelle System (z. B. Eulen) haben neben anderen Anpassungen auch den Wulst im Vergleich zu anderen Arten vergrößert [Iwaniuk und Hurd, 2005].

Im Bereich des Wulstes lässt sich eine Asymmetrie des Wulstes der rechten und linken Hemisphäre beobachten. Der Wulst der rechten Hemisphäre kann mehr Projektionen aus dem (linken) Thalamus verzeichnen, als der Wulst der linken Hemisphäre (aus dem rechten Thalamus), was u. a. darauf zurückgeführt werden kann, dass das rechte Auge des Embryos in der typischen Schlupfposition im Ei Lichtreize registrieren kann, das linke Auge jedoch nicht [Deng und Rogers, 2002; Rogers und Deng, 2005].

Die Rolle des Wulstes in Bezug auf kognitive Fähigkeiten und vor allem auf kognitive Flexibilität zeigt sich wiederum darin, dass nach Läsionen Schwierigkeiten beim Diskriminationslernen und vor allem beim „Umkehrlernen“ auftreten, wo das Diskriminationsverhalten während der Lernleistung geändert werden muss [Watanabe, 2003]. Ähnlich zu dem somatosensorischen Cortex der Säuger erhält der Wulst auch somatosensorische Informationen aus dem Thalamus und projiziert über einen pyramidenbahnähnlichen Weg in den Hirnstamm und das Rückenmark [Wild und Williams, 2000a]. Beachtenswert ist hier, dass es auf diesem Wege auch zu einer Projektion in das Cerebellum kommt [Wild und Williams, 200b]. Dies spricht einmal für die erkennende Rolle des Cerebellums bei kognitiven Leistungen, zum anderen zeigt sie die Wichtigkeit der Verarbeitung von cerebralen und cerebellären Informationen. Vermutlich läuft die von corticalen bzw. pallialen Regionen erstellte Efferenzkopie absteigender Informationen ebenfalls streckenweise über diesen oben erwähnten pyramidenbahnähnlichen Weg in das Cerebellum, ebenso wie die aufsteigenden somatosensorischen Informationen aus dem Hirnstamm (z. B. aus dem Nucleus ruber oder der Formatio reticularis) [Wild und Williams, 2000b]. Das Zusammenwirken dieses ganzen Gefüges ist somit ausschlaggebend für die Verarbeitung somatosensorischer Reize und damit auch Ausführung jeglicher (motorischer) Reaktionen.

Aufgrund der Multifunktionalität des Hyperpallium apicale ist es schwierig, ohne funktionsbezogene Experimente eine Aussage über seine mögliche suboptimale Funktion bei Landenten zu treffen. Die in dieser Arbeit beobachtete Reduktion des Hyperpallium apicale könnte sich in verschiedenen Bereichen äußern. Eine Einschränkung der Nutzung visueller oder kognitiver Informationen wurde nicht untersucht. Durch die Projektionen in das Cerebellum und in den Hirnstamm und eine Beeinträchtigung aller drei Strukturen könnte aber auch die Reduktion des Hyperpallium apicale einen Einfluss auf die Motorik ausüben. Es wäre auch möglich, dass der eventuell gestörte Informationsfluss aus dem somatosensorischen Bereich über das Hyperpallium apicale eine negative Beeinflussung des bewegungs-ausführenden Systems darstellt.

Cerebellum und Tegmentum sind beide eng mit der Motorik verbunden [Voogd, 1998]. Aufgrund der hier erhobenen Daten ist eine quantitativ begründete Erklärung für die bei manchen Tieren vorkommenden Koordinationsschwierigkeiten möglich. Die Reduktionen des

Cerebellums und des Tegmentums kommen beide als Verursacher für Bewegungsstörungen in Frage. Das Cerebellum gilt gemeinhin als Zentrum der Motorkoordination [Ito, 1984] und auch im Tegmentum liegen für die Motorik wichtige Kerngebiete bzw. Teile von z. B. vestibulospinaler, reticulospinaler und rubrospinaler Fasern [Nieuwenhuys, 1998].

Beim Menschen kann eine Koordinationsstörung durch Schädigung spinaler, vestibulärer und kortikopontiner Kleinhirn-Afferenzen, durch Funktionsstörungen des Kleinhirns selbst oder durch Läsion seiner dentato-rubro-thalamischen, (dentato-) thalamo-kortikalen, rubrospinalen und vestibulären Efferenzen bedingt sein [Jung et al., 2002]. Hier lassen sich Ataxien häufig auf Kleinhirndegenerationen zurückführen, wobei die neuropathologischen Veränderungen dann meist auf die Kleinhirnrinde beschränkt sind und sich dort auf den Bereich des Wurms und der medialen Anteile der angrenzenden Kleinhirnhemisphären beschränken [Conrad und Ceballos-Baumann, 1996]. Dieser Befund passt auch zu den erhobenen Daten und könnte die Koordinationsschwierigkeiten mancher Tiere erklären. Der Fettkörper sitzt in der Regel zwar außerhalb des Kleinhirns, grenzt aber meistens unmittelbar daran an. Da häufig Nekrosen im Randbereich zwischen Kleinhirn und Fettkörper beobachtet werden konnten, spricht dies ebenfalls für eine Kleinhirndegeneration im Rindenbereich. Dies wird durch Untersuchungen von Bartels et al. [2002] bestätigt, die in haubentragenden Enten mit zentralnervösen Ausfallserscheinungen ebenfalls Deformationen vor allem in der rostralen Kleinhirnrinde feststellen konnten und die Foliae als abgeflacht und anomal beschrieben. Eine stark gefurchte und somit oberflächenmäßig große und auch funktionell wichtige Kleinhirnrinde ist bei Säugern, Vögeln, Rochen und Nilhechten zu finden [Iwaniuk et al., 2006b]. Der Grad der Furchung kann dabei unabhängig von Unterschieden in Körpergröße, Hirngröße oder Hirnzusammensetzung zwischen den Arten stark variieren, korreliert jedoch beim einzelnen Tier mit Körpergröße, Hirngröße und Kleinhirngröße. Zudem können sich auch hier komplexe Verhaltensweisen widerspiegeln [Iwaniuk et al., 2006a, 2006b]. Ein großer cerebellärer Cortex ist Grundlage für z. B. komplexe Bewegungsabläufe im dreidimensionalen Raum und sowohl motorisch basierte als auch sensorisch basierte Verhaltensweisen. Damit korreliert auch die Anzahl der Purkinjezellen, die als einzige aus dem Kleinhirn heraus projizieren [Iwaniuk et al., 2006b]. Eine Störung in diesem Bereich könnte also analog dazu, zu Beeinträchtigungen der Motorik führen, wie sie bei manchen Landenten zu beobachten ist.

Die Tatsache, dass es sich bei Vögeln um bipede Formen mit horizontaler Körperhaltung handelt, stellt gerade bei der Fortbewegung am Boden große Anforderungen an den Gleichgewichtssinn und die Körperbalance. Diese Anforderungen werden u. a. durch eine Kombination verschiedener sensorischer Systeme kontrolliert, bei denen die Informationen aus Mechano- und Propriozeptoren, das Vestibularorgan und das visuelle System eine große Rolle spielen. Bei Vögeln liegen als Besonderheit noch Spezialisierungen im lumbosakralen Bereich der Wirbelsäule vor, die ebenfalls in die Lokomotion am Boden involviert sind [Necker et al., 2000]. Beim Vogel sind die Wirbel in diesem Bereich mit dem Beckengürtel zu einem so genannten Symsakrum verwachsen, in dessen Mitte der Wirbelkanal verbreitert ist und sich bei den meisten Vögeln ein Glykogenkörper und segmentartig angeordnete so genannte Lobi accessorii (aus Neuronen und Glykogenzellen bestehend) befinden. Ein mit Cerebrospinalflüssigkeit gefülltes Kanalsystem in dieser Region hat Verbindungen zum Subarachnoidalraum der Wirbelsäule und ähnelt funktionell als Sinnesorgan den Bogengängen des Innenohrs [Necker, 1999]. Körperbewegungen führen dabei durch die Trägheit des Liquors im Subarachnoidalraum zu einer mechanischen Stimulation der Neuronen der Lobi accessorii, die wiederum auf spinocerebellare Zellen in der weißen Substanz und Neuronen in der Lamina VIII der grauen Substanz projizieren. Nicht nur der Weg über das Rückenmark zum Cerebellum, sondern auch die Projektion in die Lamina VIII des Rückenmarks für die rechts-links Koordination der Gliedmaßen gelten als wichtig für Balance und Gleichgewicht [Goodman et al., 1963; Necker, 2006]. Läsionen in diesem Kanalsystem führen zu unsicherem Gang, vermehrtem Kopfsenken und gegebenenfalls vermehrtem Abstützen mit dem Schwanz. Die Symptome verstärken sich nach Ausschaltung des visuellen Systems rapide [Necker, 2006].

Die Ähnlichkeit der Bewegungsstörungen in dieser Arbeit verglichen von denen in den Arbeiten Neckers, könnte auch bedeuten, dass die bei Landenten beobachteten Symptome ihren Ursprung in Störungen dieses Kanalsystems oder des Vestibularorgans haben. Da weder das Rückenmark noch das Vestibularorgan in dieser Arbeit gesondert untersucht wurden, muss das offen bleiben. Dagegen spricht jedoch die Tatsache, dass bei den Experimenten unter Ausschaltung des visuellen Systems (3.1.3.) selbst bei den verhaltensauffälligen Tieren keine Verstärkung der Symptomatik zu beobachten war, was sich aber, laut Necker, hätte beobachten lassen müssen. So bleibt die Ebene des Cerebellums im Vordergrund, um die Bewegungsstörungen bei Landenten zu erklären.

Obwohl für die motorische Koordination das Zusammenspiel vieler Hirnstrukturen notwendig ist, spielt das Kleinhirn in diesem Gefüge sicherlich die wichtigste Rolle bzw. zeigt den größten Einfluss auf die Motorik. Ähnliche ataktische Symptome wie bei manchen Landenten werden auch bei Fasanen beobachtet, die nach histologischer Untersuchung ebenfalls auf Läsionen im Kleinhirn zurückgeführt werden konnten. Die Gründe dieser Kleinhirnläsionen konnten in dieser Untersuchung nicht aufgedeckt werden, eine virologische Ursache wurde vermutet [Welchmann et al., 2000]. Auch Emus mit Kleinhirnerweichungen (Verflüssigung des Gewebes; Nervenzellen werden von Gliazellen ersetzt) zeigten eine ähnliche Symptomatik. Hier wurde die Ursache jedoch in einem Vitamin E-Mangel gesehen, der zu einer so genannten Encephalomalzie (Hirnerweichung) geführt hat [Aye et al., 1998]. Augspurger et al. [2003] fanden Bewegungsstörungen bei verschiedenen Wildentenarten. Diese wiesen alle Läsionen im Cerebellum (und bisweilen auch im Hirnstamm, Telencephalon und Mesencephalon) auf. Dieses auch schon bei anderen Vogelarten beobachtete Krankheitsbild wird als AVM (Aviäre Vakuoläre Myelinopathie) bezeichnet. Die Schädigungen betreffen meist eher die Myelinscheiden, als die Axone oder Perikarien selbst. Die Ätiologie ist bisher unbekannt [Augspurger et al., 2003]. Torticollisähnliche Symptome konnten bei einem Huhn mit einem teratogenen Tumor im Cerebellum beobachtet werden [Jones, 1964].

Auch Beeinträchtigungen des Hirnstamms können neurologische Symptome wie Torticollis, Lähmungen oder Bewegungsstörungen wie Kreiseln verursachen. Homer und Riggs [1991] beobachteten diese Symptome bei einer Hausente mit einem auf den Hirnstamm drückenden teratogenen Tumor (der u. a. auch aus Fettgewebe bestand).

Die Rolle des Tegmentum in der Motorik wurde oben schon kurz angesprochen. Als rostral an das Prosencephalon grenzend und kaudal in das Rückenmark übergehend erweist sich das Tegmentum durch eine Vielzahl von Kernen und Faserbahnen als multifunktionell. Die gesamte graue Substanz um den Ventrikelkanal wird hierbei als Tegmentum bezeichnet und enthält u. a. die Kerngebiete für die Hirnnerven [Zilles und Rehkämper, 1994]. Als in die Motorik involviert gelten u. a. Teile der im Tegmentum lokalisierten *Formatio reticularis*, die z. B. Einfluss auf das Bewegungen initiiierende spinale Netzwerk haben. Durch elektrische Stimulation dieser Bereiche lassen sich bei Vögeln mit entferntem Telencephalon Gehen und



sogar Flugversuche auslösen [Steeves et al., 1987]. Im Umkehrschluss sind Vögel mit Läsionen in diesem Bereich nicht mehr in der Lage, sich fortzubewegen [Webster und Steeves, 1991]. Durch reticulocerebelläre und reticulospinale Fasern bestehen Verbindungen vom Tegmentum sowohl zum Kleinhirn als auch zum Rückenmark. Durch solche Fasern ebenfalls in die Motorik eingebunden ist der im mesencephalen Tegmentum liegende Nucleus ruber. Er koordiniert Informationen durch Integration von Afferenzen aus den pallialen und cerebellären Bereichen und Efferenzen zum Kleinhirn und Rückenmark [Arends und Zeigler, 1991; Wild 1992]. Bei Läsionen des Funiculus dorsolateralis, der einen Großteil der Projektionen des Nucleus ruber enthält, ist ein Vogel jedoch noch in der Lage zu gehen, was den oben angesprochenen Befunden aus der Humanmedizin entgegen steht. Die Afferenzen und Efferenzen aus der Formatio reticularis scheinen im Gegensatz zum Nucleus ruber in Hinsicht auf die Gangmotorik des Vogels den wichtigeren Teil aus dem Tegmentum darzustellen [Webster und Steeves, 1991].

Bezüglich der Motorik finden sich noch weitere Kerne im Tegmentum, deren Funktion aber hauptsächlich in der Kontrolle der Kiefer-, Zungen- und craniocervicalen Muskulatur liegt [Dubbeldam, 1984; Tellegen und Dubbeldam, 1994]. Eine wichtige Rolle spielt dabei der motorische Teil des Ncl. nervi trigemini. Aufgrund des ausgeprägten Seih- oder Gründelverhalten der Enten ist das gesamte trigeminale System inklusive motorischer und sensorischer Komponenten, seiner Kerne und seiner Fasern bei Enten stark ausgeprägt. Es belegt eine enge Korrelation zwischen Hirnbau und Verhalten [Berkhoudt, 1980; Arends, 1981, Dubbeldam, 1993].

Aufgrund der Funktion des Tegmentums und der beobachteten motorischen Probleme mancher Tiere lässt sich vermuten, dass die Reduktion des Tegmentums der Landenten ebenfalls einen Einfluss auf die beobachteten motorischen Probleme haben kann.

Vermutlicherweise wirken sich diese Reduktionen eher auf Bereiche der Formatio reticularis als auf z. B. den weiter ventral gelegenen Nucleus ruber aus. Ähnlich wie beim Cerebellum, lassen sich in den caudalen Randbereichen des Tegmentums gelegentlich durch den Fettkörper im Tentorium cerebelli verursachte Nekrosen beobachten.

Da die hier beobachteten Koordinationsprobleme aber eher als typische Gangataxien bezeichnet werden können, liegt die Hauptursache wohl im Kleinhirn, könnte aber eventuell durch die Tegmentumreduktion noch negativ beeinflusst oder verstärkt werden. Alles was

vom Gehirn aufgenommen, verarbeitet und schließlich initiiert wird, ist letztendlich das Endprodukt eines Zusammenspiels vieler Hirnteile, somit muss immer das Gesamtgefüge betrachtet werden. Es ist nicht auszuschließen, dass es erst durch die Summe der reduzierten Hirnteile (einschließlich des Hyperpallium apicale) und ihrer summierten eingeschränkten Funktion zu einer beobachtbaren Verhaltensauffälligkeit kommt. Dafür spricht auch die Tatsache, dass die verhaltensauffälligen bzw. „rangniedrigen“ Tiere in dieser Arbeit kein signifikant kleineres Cerebellum oder Tegmentum im Vergleich zu den anderen Tieren haben. Somit ist es wahrscheinlich, dass die Reduktionen vor allem des Cerebellums und des Tegmentums aber auch evtl. des Hyperpallium apicale oder das Zusammenspiel dieser drei Strukturen Verursacher von möglichen Störungen sein können.

Auch die fehlenden negativen Korrelationen zwischen Fettkörpervolumen und Volumen der reduzierten Strukturen sprechen dafür, dass diese Hirnstrukturen Teile eines neuronalen Netzwerkes darstellen, welche in diesen Gehirnen mit großem Fettkörper als Ganzes suboptimal entwickelt sein können.

Eine genaue Analyse des Kleinhirnrindenbereichs oder eventueller Nekrosen in den reduzierten Hirngebieten wären relevant und könnten genauere Auskunft über die Störungsursache bei betroffenen Tieren geben.

#### **4.3.3. Hirnzusammensetzung, Clusteranalyse**

Vergleicht man den prozentualen Anteil der vermessenen Hirnstrukturen der Landenten und der Vergleichsrassen am Gesamthirn, so zeigen sich starke Ähnlichkeiten zwischen den Rassen. Die prozentualen Anteile stimmen jedoch nicht völlig miteinander überein, was für eine rassespezifische Hirnzusammensetzung spricht [Rehkämper und Frahm, 1998]. In der Clusteranalyse zeigte sich jedoch keine sehr ausgeprägte neuroanatomische Homogenität der einzelnen Rassen. Am ehesten würde man eine solche noch den glattköpfigen Hochbrutflugenten und den Hochbrutflugenten aus dem Teufelsmoor zuordnen können. Bei Wildenten betrug der prozentuale Anteil des Telencephalons am Hirngewicht 67%, der des Cerebellums 11%, der des Hirnstamms 16 % und der des Tectum opticum 6 % [Kalisinska, 2005]. Im Vergleich dazu liegen die hier erhobenen Werte über alle Rassen bei 65 % für das Telencephalon, 11 % für das Cerebellum, 13 % für das Tegmentum und 4 % für

das Tectum opticum. Vergleichsdaten von Boire [1994] liegen in einem ähnlichen Bereich: Telencephalon 70 %, Cerebellum 9 %, Tectum opticum 5 %. Die niedrigeren Werte beim Tectum opticum und Hirnstamm würden die Aussage von Ebinger [1995] bestätigen, dass bei Hausenten gerade im Bereich der Sinnessysteme Reduktionen stattgefunden haben, da sie in Menschenobhut nicht mehr so stark benötigt werden und so funktionell keinen Nachteil mehr darstellten. Diesbezüglich wäre hier das visuelle System (Tectum opticum) und das somatosensorische System (Kern- und Faserbereiche des N. trigeminus) betroffen [Ebinger, 1995]. Nach den Daten von Boire wäre der prozentuale Anteil des Cerebellums bei Hausenten sogar gestiegen, dagegen hätte allerdings eine stärkere Reduktion des Telencephalons stattgefunden, als beim Vergleich mit Kalisinskas Daten beobachtet.

Differenzen zwischen Kalisinska und Boire und auch der Vergleich der eigenen Daten könnten methodisch bedingt sein oder von der Auswahl der jeweiligen wilden Stockenten abhängen. Eine Hausenteneinkreuzung, die das Ergebnis beeinflussen könnte, lässt sich bei der Untersuchung von wilden Stockenten nie ausschließen.

Die Clusteranalyse zeigt, dass die Landenten in ihrer Hirnzusammensetzung eine starke Heterogenität zeigen, so dass man nicht von einer landententypischen Hirnzusammensetzung ausgehen kann. Dies spricht für die Größe an Variabilität, die sich als Ausgangsbild immer als positiv erweist, wenn Merkmale züchterisch gefördert oder unterdrückt werden sollen. Somit ist es in diesem Fall als positiv anzusehen, dass die Landenten kein eindeutiges Cluster bilden. Unter Umständen könnten die verändernden Einflüsse des Fettkörpers an dieser Variabilität beteiligt sein.

Die Hochbrutflugenten mit Haube aus dem Teufelsmoor können nur bedingt mit den anderen Hausentenrassen verglichen werden, da sie frei lebend sind und ihr Ursprung oder ihre Entstehung ungeklärt ist. Der hohe Encephalisationsindex dieser Tiere spricht eher für eine Einordnung als Wildtier, denn als Haustier [Ebinger, 1995].

#### **4.4. Problematikbezogene Diskussion**

Nach Betrachtung aller Ergebnisse kann gesagt werden, dass die in früheren Befunden über Landenten ermittelten Aussagen teilweise bestätigt werden konnten. Es konnten sowohl

motorische Koordinationsschwierigkeiten, als auch Hirn- und Schädeldefekte, intrakraniale Fettkörper und Missbildungen an Küken beobachtet werden.

Die von Bartels et al. [2001c] formulierte hohe prä- und postnatale Streberate konnte, vor allem in den Jahren 2005 und 2006, nicht bestätigt werden.

Ebenso wenig kann die Auffassung dieser Autoren geteilt werden, dass auch durch eine adäquate Zuchtauslese ein Herauszüchten der negativen Eigenschaften nicht möglich wäre. Bartels et al. [2001c] machen dies an der Tatsache fest, dass es bei der Kreuzung mit Tieren anderer Entenrassen bei der Nachzucht immer noch, wenn auch verringert, zu den beobachteten negativen Merkmalen kommt. Allerdings konnte er durch seine Verpaarungen nicht ausschließen, dass dies nur auf wenige Ausnahmetiere oder sogar die Vergleichstiere zurückzuführen ist. Die hier erhobenen Ergebnisse machen deutlich, dass es starke individuelle Unterschiede zwischen den Tieren bezüglich ihrer Vererbbarkeit negativer Merkmale geben kann. Somit muss eine genaue Abstammung bekannt sein, um diese Tiere auszuwählen. Außerdem sollten solche Entscheidungen wie Zuchtverbote nicht getroffen werden, bevor der genaue Erbgang mit der zuständigen Anzahl an verantwortlichen Genen analysiert wurde. Solche Untersuchungen stehen bisher noch aus.

Zudem nutzten Bartels et al. [2001c] als Vergleichsrasse Deutsche Pekingenten, eine glattköpfige Mastrasse. Es existieren Untersuchungen, in denen nachgewiesen wird, dass bei Wirtschaftsenten dieser Rasse meistens niedrige Schlupfraten und eine hohe Anzahl an missgebildeten Küken beobachtet werden. Und von den nicht geschlüpften Küken zeigen über 10 %, von den missgebildeten Küken sogar 42 %, die bekannten, von Kamar et al. als „Crest-Syndrom“ bezeichneten Missbildungen [Kamar et al., 1983]. Diese Problematik scheint also auch bei anderen Rassen bekannt zu sein und die Wahl dieser Rasse als Vergleichsrasse erscheint in diesem Licht als nicht sehr günstig und die daraus gewonnenen Ergebnisse als nicht aussagekräftig.

Die Zuchtergebnisse der Jahre 2005 und 2006 und die übergreifenden Ergebnisse sprechen dafür, dass eine Klassifikation der Enten mittels des Umdrehexperiments möglich und auch erfolgsversprechend ist. Das Umdrehexperiment ist in der Lage, die Motorik der Tiere zu überprüfen und durch eine erstellte Rangfolge zuchtgeeignete Tiere zu selektieren. Somit lässt sich dieses neurologische Problem mit einfachen Verhaltensexperimenten auch dann erkennen, wenn es nur latent vorhanden ist. Durch die Tatsache, dass die Schlupfrate bei selektierten Zuchttieren höher ist und die Anzahl an missgebildeten, stecken gebliebenen

Küken und die Anzahl an Tieren mit Schädelanomalien sinkt, wird dies noch bestätigt und gezeigt. Ein Herauszüchten der negativen Merkmale ist also möglich.

Im Vergleich zu den Literaturwerten (siehe 4.2.1. und 4.2.2.) gibt die Schlupfrate der Rasse Landente keinen Anlass zur Kritik, sondern liegt im oder sogar über dem Normbereich, der bei anderen Enten beobachtet wurde. Die Anzahl der missgebildeten und auffälligen Tiere ist zwar im Laufe der drei Zuchtjahre gesunken, liegt aber immer noch in einem zu hohen Bereich und sollte reduziert werden. Zudem sind drei Zuchtjahre für eine solche generationenbetreffende Untersuchung zu wenig, so dass in den Folgejahren noch einmal mit Rückschlägen gerechnet werden muss. Insgesamt zeigt sich aber bereits jetzt ein positiver Trend.

Ein intrakranialer Fettkörper an sich scheint nicht problematisch für das Tier zu sein, das durchschnittlich größere Fettkörpervolumen der verhaltensauffälligen bzw. „rangniedrigen“ Tiere spricht allerdings dafür, dass ab einer bestimmten Größe, vermehrt mit Problemen gerechnet werden kann. Die Ursache möglicher Defizite in der Bewegungskoordination gestaltet sich als weitaus komplexer als erwartet, da zwar in mehreren Strukturen Reduktionen nachgewiesen werden konnten, sich diese, mit Ausnahme des Hyperpallium apicale, zwischen den verhaltensauffälligen, „rangniedrigeren“ und unauffälligen, „ranghohen“ Tieren aber nicht unterscheiden. Dies spricht für einen noch nicht komplett analysierten Gesamtzusammenhang der Alterationen bei bewegungsgestörten Tieren.

Die hierarchische Clusteranalyse für die Hirndaten der untersuchten Landenten liefert keinen Hinweis darauf, dass sich verhaltensauffällige bzw. „rangniedrige“ Tiere in ihrer Gesamthirnkombiosition so weit von den anderen Tieren unterscheiden, dass eine eindeutige Clusterbildung zu beobachten wäre. Dies spricht dafür, dass die betroffenen Tiere keinen einheitlichen „suboptimalen“ Hirnbau aufweisen, sondern der Hirnbau individuell, z. B. durch die Größe des Fettkörpers, gestaltet ist. Ein Herauszüchten großer Fettkörper sollte eine Verringerung der Anzahl bewegungsgestörter Tiere zur Folge haben.

Die Landenten zeigen sich im Rassevergleich bezüglich ihrer Hirnkombiosition (siehe Clusteranalyse) als eine sehr heterogene Gruppe mit großer Variabilität. In solchen Gruppen ist in der Regel ein großer Spielraum vorhanden, der sich züchterisch nutzen lässt und in diesem Fall zu einer Zuchtverbesserung führen würde.

Der von Bartels et al. formulierte Analogieschluss [2002], dass auch verhaltensunauffällige Tiere mit intrakranialen Fettkörpern in ihrer Lebensqualität beeinträchtigt sein müssten, da bei Menschen mit Tumoren in diesem Bereich Kopfschmerzen, Bewusstseinsstörungen u. ä. beobachtet werden können ist fragwürdig und experimentell nicht nachvollziehbar. So können zwar beim Menschen durch die erhöhter Hirndruck, Demenz oder Hemiparese verursacht werden, meist sind sie jedoch auch hier asymptomatisch [Sari et al., 1998]. Auch Brander und Perentes [1995] betonen in ihrer Untersuchung über eine Laborratte mit intrakranialem Fettkörper, dass dieser meist ohne neurologische Symptome bleibt. Die hohe Plastizität des Gehirns wurde schon in 4.3. angesprochen und zeigt mit der hohen Anzahl an unauffälligen Tieren mit Fettkörper, dass ein Fettkörper an sich nicht als Maß für Störungen angesehen werden kann, auch wenn er Einfluss auf das Volumen bestimmter Hirnteile ausüben kann. Für die starke Kompensierbarkeit sprechen auch die reduzierten Hirnteile bei der gesamten untersuchten Gruppe, die bei den meisten Tieren ohne nennenswerte Folgen bleiben.

Agrund der von ihm durchgeführten Untersuchungen bewertet Bartels die Zucht von Hausenten der Rasse „Landente“, speziell der Varianten mit Federhaube, als tierschutzrelevant im Sinne von §11b des Tierschutzgesetzes [Bartels et al., 2001d; 2002]. Gerade die Beschränkung auf diese Rasse und den Phänotyp „Haube“ scheint in Anbetracht dieser Arbeit und der existierenden Literatur als problematisch. Zwar scheint ein Zusammenhang mit der Haube bzw. des(r) haubenbildenden Gens(e) gegeben zu sein, intrakraniale Fettkörper verschiedenster Größe wurden allerdings bisher sowohl bei haubentragenden als auch bei glattköpfigen Tieren gefunden. Ebenso können zentralnervöse Ausfallserscheinungen weder an dem Vorliegen einer Haube noch an dem bloßem Vorliegen eines Fettkörpers festgemacht werden [Bartels et al., 1998; Frahm et al., 2001; Cnotka et al., 2006]. Wie in dieser Arbeit gezeigt, scheint der Großteil der Landenten, haubenunabhängig, einen intrakranialen Fettkörper zu besitzen, nur ein kleiner Teil zeigt jedoch Bewegungsstörungen. Lage, Größe und somit Einfluss auf einzelne Hirnstrukturen stellen wichtige Parameter dar. Somit gelten glattköpfige Landenten genauso als Merkmalsträger wie die gehäubte Variante, zudem stammen in der Regel alle glattköpfigen Landenten aus Linien von und mit gehäubten Tieren. Dass solche Bewegungsstörungen auch anderweitigen Ursprungs sein können, zeigt eine Studie über eine bewegungsgestörte Landente mit Haube

und ohne Fettkörper, deren Symptome von einem gespaltenen Kleinhirn herrührten [Frahm et al., 2005].

Das Vorhandensein, wenn auch kleinerer, intrakranialer Fettkörper bei anderen haubentragenden Rassen wie den in dieser Arbeit untersuchten Hochbrutflugenten lässt einmal darauf schließen, dass eine Beschränkung der Probleme auf die Rasse „Landente“ nicht begründet ist, andererseits lässt sich zeigen, dass es auch Enten mit Haube, aber ohne erkennbare Probleme gibt.

Bei den Hochbrutflugenten mit Haube (Standard) lassen sich ebenfalls z. T. recht große Fettkörper feststellen und aus eigener Erfahrung kann berichtet werden, dass auch hier schon ein Tier mit den für Landenten typischen Bewegungsstörungen beobachtet werden konnte. Dies lässt vermuten, dass generell haubentragende Rassen oder Linien von der Problematik betroffen sein können.

Dafür spricht auch das Vorliegen von Perforationen des Schädeldaches bei haubentragenden Gänsen, deren Bau und Ausprägung der Haube mit der Haubenbildung bei Enten übereinstimmen soll [Lühmann, 1949].

Das Fehlen eines Fettkörpers bei den glattköpfigen Hochbrutflugenten kann darauf zurückgeführt werden, dass es in der Hochbrutflugentenzucht im Gegensatz zur Landentenzucht klar getrennte Zuchtlinien von glattköpfigen und haubentragenden Hochbrutflugenten gibt. Die hier verwendeten glattköpfigen Hochbrutflugenten stammen aus einer rein glattköpfigen Zucht. Bei den aus einer Haubenlinie anfallenden glattköpfigen Tieren liegt die Vermutung nahe, dass auch hier, analog zu den Landenten, Fettkörper vorliegen bzw. vorliegen können.

Das Vorhandensein einer Haube nicht als Negativmerkmal gelten muss, zeigt auch das Vorhandensein wildlebenden Hochbrutflugenten mit Haube aus dem Teufelsmoor. Diese Tiere zeigen zwar alle einen intrakranialen Fettkörper, er ist jedoch sehr klein und scheint keinerlei Beeinträchtigungen zur Folge zu haben. Diese Tiere behaupten sich seit Jahren erfolgreich im Daseinskampf und zeigen damit, dass Enten mit Haube und ohne Probleme existieren [Frahm und Rehkämper, 2004].

Als weiteres Beispiel für „problemfreie“ Haubenentenpopulationen gelten Balienten. Balienten verkörpern einen der vier Haupttypen von Hausenten Indonesiens und ein Teil von ihnen trägt Hauben [Setioko et al., 1985; Rudolph, 2001]. In den Stämmen überwiegen zwar Nichthaubenträger, jedoch gibt es nur ganz selten Stämme ohne Haubenträger. Die Tiere



werden robust als Nutztiere gehalten und zur Futtersuche auf abgeerntete Reisfelder getrieben. Weit verbreitet ist auch ihr Einsatz als Schnecken- und Schadinsektenvertilger. Laut Schille [2006] wird bei den Bauern, trotz nicht organisierter Zucht, Wert auf den Erhalt des Merkmals Haube gelegt. Wären dabei unzureichende Brutergebnisse und verstärkt Tierverluste durch genetische Defekte zu verzeichnen gewesen, hätte dieses Merkmal mit Sicherheit nicht auf Dauer überlebt.

Auch in Australien ist der Vorwurf der Qualzucht für Haubenenten unbekannt, in den letzten Jahren wurde sogar über die neuerlich florierende Zucht von Haubenenten und erstaunlich guten Brutergebnissen mit wenig Ausfällen berichtet und dies trotz der Verpaarung von Haubenträger mit Haubenträger [Russell, 2001].

Die im Laufe der Domestikation bzw. im Laufe der organisierten Zucht entstandenen Rassen verkörpern in vielen Fällen einmalige und erhaltenswerte Eigenschaften und repräsentieren ein hohes Maß an genetischer Variabilität. Beobachtet man z. B. beim Wirtschaftsgeflügel durch den Wunsch einer Leistungsprognose bezüglich der Nachzucht einen Trend zu zunehmender Rassenverarmung und zum Verlust genetischer Variabilität, so ist bei der Rassegeflügelzucht das Gegenteil der Fall. Die intensive Selektion auf bestimmte Merkmale und Züchtung auf Homozygotie unter standardisierten Haltungsbedingungen beim Wirtschaftsgeflügel kann eine so starke Verengung der genetischen Variabilität innerhalb dieser Zuchtpopulationen zur Folge haben, dass Merkmale z. B. bezüglich der Gesundheit oder der Haltungsbedingungen verloren gehen können. Wenn solche Eigenschaften durch geänderte Haltungsbedingungen oder Verbraucheransprüche jedoch plötzlich von Interesse sind, so muss auf das Erbgut anderer Rassen zurückgegriffen werden [Weigend et al., 1995; Weigend und Romanov, 2001]. Eine Erhaltung aller Rassen um die Existenz der vorhandenen genetischen Variabilität sicherzustellen ist also wünschenswert.

Nun besteht in Deutschland kaum Wirtschaftsente Produktion und die Landenten werden gemeinhin nicht als selten oder gefährdet angesehen. In anderen Ländern spielen Wirtschaftsenten jedoch eine größere Rolle und sind dann auch von den oben angesprochenen Aspekten betroffen. Zudem handelt es sich bei den Landenten um eine sehr alte und robuste Rasse, die allein aus Gründen des Erhalts alten Kulturguts nicht aussterben sollte. Vor einem generellen Zuchtverbot, was das Aussterben der Rasse zur Folge hätte, sollten erst einmal alle

züchterischen Möglichkeiten ausgeschöpft werden, zudem die oben angeführten Beispiele zeigen, dass der Phänotyp Haube auch ohne negative Merkmale existiert.

Die Rasse Landente mit und ohne Haube verkörpert hier ein in der Liebhaberzucht mittlerweile häufiger auftretendes Phänomen, wo es durch die Züchtung auf ein Merkmal zu der gleichzeitigen Förderung von Negativmerkmalen gekommen ist. Weitere bekannte Beispiele dafür sind z. B. reinweiße Katzen mit vermehrter Taubheit oder Zahnstellungsanomalien bei Zwergkaninchen [BMVEL, 2002].

Das Vorliegen von tierschutzrelevanten Negativmerkmalen bei einigen Landenten kann nicht angezweifelt werden. Eine Modifikation der Zucht bzw. Rasse, die die Ausbildung dieser Negativmerkmale verhindert, ist auf jeden Fall notwendig.

In der Einleitung wurde bereits kurz über die Änderungen bei Tieren im Hausstand berichtet. Die dort schon erwähnte auch intraspezifisch erhöhte Variationsbreite bei Haustieren lässt sich auch in dieser Arbeit bei dem Hirnbau verschiedener Entenrassen beobachten. Die untersuchten Entenrassen zeigen allerdings keine so starke rassespezifische Hirnzusammensetzung, wie sie z. B. bei einigen Hühnerrassen beobachtet werden konnte [Rehkämper et al., 2003]. Nach der Ansicht Stephans [1950] ist eine größere Hirngewichtsabnahme als Zeichen stärkerer Domestikation zu werten. Folgt man dieser Ansicht und wendet sie auch intraspezifisch an, so würde man für die Landenten mit und ohne Haube annehmen, dass sie stärker domestiziert sind als die Vergleichsrassen. Nach der Literatur und den ersten bildlichen Darstellungen, handelt es sich bei der Haubenente um die älteste der untersuchten Rassen. Somit wäre es natürlich möglich, dass sie stärker domestiziert oder stärker durchgezüchtet ist als die Rassen Pommernente, Streicherente und Hochbrutflugente. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass das niedrigere Hirngewicht durch den zusätzlich entstandenen intrakranialen Fettkörper bedingt ist und nicht mit der Domestikationshöhe oder der Degenerationshypothese [Herre und Röhrs, 1990; Hemmer, 1983] erklärt werden kann. Kruska [1987] führt zwar an, dass es bei Haustieren durch ihre größere genetische Variabilität und durch selektive Züchtung weitaus schneller zu Hirngrößenänderungen kommen kann, als bei Wildtieren im Laufe der Evolution. Die Entstehung der Entenrassen liegt allerdings zeitlich so eng beieinander, dass das Zeitfenster für solche intraspezifischen Unterschiede zu klein ist. Die ersten bekannten Haubenenten entsprachen auch noch nicht vollkommen dem heute typischen Landentenbild, die meisten

Rassen wandeln sich im Laufe der Zeit durch wechselnde Züchter- oder Halteransprüche. Somit ist auch unklar, inwieweit die damals existierenden Enten mit der heutigen Rasseform vergleichbar sind.

Die Rasse Landente kann nicht als stärker domestiziert bezeichnet werden als die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Vergleichsrassen.

Gemäß der Anpassungshypothese von Rehkämper und Frahm [1998] oder Ebinger [1996], könnte der geringere Nutzen bestimmter Strukturen unter Menschenobhut mit den hier beobachteten Reduktionen einhergehen. Ebinger [1995] führt dies bei Hausenten jedoch hauptsächlich für sensorische und nicht für die Motorik betreffende Bereiche an. Eine Reduktion dieser Bereiche könnte mit dem Verlust des Flugvermögens erklärt werden, da vor allen das Kleinhirn eine große Rolle beim Fliegen spielt und flugunfähige Vogelarten oft ein verhältnismäßig kleineres Gehirn zu ihren nächsten flugfähigen Verwandten aufweisen [Iwaniuk et al., 2004; Sultan, 2005]. Dem widerspricht jedoch die Tatsache, dass die Streicherenten und vor allem die Pommernenten auch nicht mehr fliegen können. Außerdem ähneln sich die Haltungsbedingungen und damit Ansprüche an das Gehirn bei den verschiedenen Entenrassen so sehr, dass eine Reduktion des motorischen Systems im Vergleich zu Wildenten vielleicht noch erklärbar wäre, im Vergleich verschiedener Rassen jedoch sehr unwahrscheinlich ist. Somit lässt sich ausschließen, dass die beobachteten Hirnteilreduktionen bei den Landenten als Folge der Lebensumstände im Hausstand entstanden sind.

## **5. Zusammenfassung**

Die Hausentenrasse „Landente mit und ohne Haube“ zeigt regelmäßig hohe prä- und postnatale Sterberaten, sowie Schädelanomalien, intrakraniale Fettkörper und motorische Störungen, die insgesamt als tierschutzrelevant angesehen werden („Qualzucht“).

Ziel der vorliegenden Arbeit war eine Kausalanalyse der Probleme, verbunden mit dem Versuch, ethologische Selektionsparameter zu finden, die eine Eliminierung der Negativmerkmale aus der Zucht ermöglichen. Dazu wurde ein Testverfahren entwickelt, das die Koordinationsfähigkeit der Tiere prüft und solche erkennen lässt, die ohne Negativmerkmale sind. In drei Zuchtjahren wurde die Zuchtleistung von insgesamt 22 darauf vorselektierten Tieren, verteilt auf 11 Zuchtpaare, kontrolliert.

Auf der Grundlage von lückenlosen Hirnschnittserien wurden parallel dazu die Volumina von 14 Hirnstrukturen der Gehirne von 26 Landenten und 26 Hausenten aus drei verschiedenen Rassen (Hochbrutflugente, Pommernente, Streicherente) vermessen und allometrisch unter Berücksichtigung des Körpergewichtes verglichen.

Die Untersuchungen ergeben, dass von Bewegungsstörungen stark betroffene Tiere einen schwankenden Gang aufweisen und häufig in Rückenlage fallen, aus der sie sich nicht alleine aufrichten können. Sowohl bei adulten Tieren, als auch bei im letzten Brutdrittel abgestorbenen Küken konnten häufig Defekte des Schädeldaches beobachtet werden. Bei missgebildeten Küken kamen Encephalocelen als häufigste Missbildung vor.

Zur Erkennung latent vorhandener Defizite im motorischen Bereich wurde ein „Umdrehtest“ entwickelt, bei dem die Tiere in Rückenlage gebracht wurden und die benötigte Zeit bis zum Aufstehen gemessen wurde. Aufgrund dieser Werte, die zwischen 0,2s und 134s liegen, wurden Rangfolgen erstellt und die „schnellsten“ Tiere für die Zucht verwendet.

Bei der Zucht mit diesen vorselektierten Tieren wurde eine Erhöhung der Schlupfrate von 64% auf 86% erreicht und der Anteil an Tieren mit Schädelanomalien ging von 62% auf 36% zurück.

Die hirnmorphologischen Untersuchungen zeigten, dass 24 von 26 Landenten einen intrakranialen Fettkörper aufweisen, dessen Größe zwischen 22,57 mm<sup>3</sup> und 3891,65 mm<sup>3</sup> schwankt. Im Umdrehtest gut abschneidende Tiere benötigten deutlich weniger Zeit

( $\emptyset=1,42s$ ) und zeigten einen signifikant kleineren Fettkörper ( $\emptyset=637,31 \text{ mm}^3$ ) als verhaltensauffällige bzw. im Experiment schlecht abschneidende Tiere ( $\emptyset= 13,39s$  bzw.  $1512,22 \text{ mm}^3$ ).

Im allometrischen Vergleich der Gehirne wurden, basierend auf Regressionsindices, Unterschiede zu den Vergleichsrassen gefunden. Bei den Landenten konnten eine relative Vergrößerung des Gesamthirnvolumens und Reduktionen der Hirnteile Cerebellum, Tegmentum, Hyperpallium apicale und Bulbus olfactorius berechnet werden. Das erhöhte Gesamthirnvolumen ließ sich eindeutig auf den Fettkörper zurückführen.

Cerebellum und Tegmentum sind in die Motorik eingebunden und ihre Reduktion wird im Zusammenhang mit den Koordinationsproblemen diskutiert.

Insgesamt zeigt die Studie, dass eine sorgfältige Auswahl der Zuchttiere helfen kann, die Probleme in den folgenden Generationen sukzessive zu vermindern. Dabei müssen ein übergroßer Fettkörper und degenerierte Hirnstrukturen als Hauptstörung angesehen werden.

Mit dieser Untersuchung wird so ein konstruktiver Beitrag zur Überwindung des Qualzuchtvorwurfs gegenüber den Landenten geleistet.

## 6. Literaturverzeichnis

- Arends, J. J. A. (1981). *Sensory and motor aspects of the trigeminal system in the mallard (Anas platyrhynchos L.)*. Dissertationsschrift, Universität Leiden, Niederlande.
- Arends, J. J. A., Zeigler, H. P. (1991). Organization of the cerebellum in the pigeon (*Columba livia*). *J. Comp. Neurol.*, **306**, 245-272.
- Ariëns-Kappers, C. U., Huber, G. C., Crosby, E. C. (1967). *The comparative anatomy of the nervous system of vertebrates, including man. Volume III*. Hafner Publishing Company, New York
- Aubrecht, G., Holzer, G. (2000). *Stockenten*. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf
- Augspurger, T., Fischer, J. R., Thomas, N. J., Sileo, L., Brannian, R. E., Miller, K. J. G., Rocke, T. E. (2003). Vacuolar myelinopathy in waterfowl from a North Carolina impoundment. *Journal of Wildlife Diseases*, **39**, 412-417.
- Aye, P. P., Morishita, T. Y., Grimes, S., Skowronek, A., Mohan, R. (1998). Encephalomalacia associated with vitamin E deficiency in commercially raised emus- case report. *Avian Diseases*, **42**, 600-605.
- Bang, B. G., Cobb, S. (1968). The size of the olfactory bulb in 108 species of birds. *The Auk*, **85**, 55-61
- Bang, B. G. (1971). Functional anatomy of the olfactory system in 23 orders of birds. *Acta Anatomica Supplementum*, **79**, 1-76
- Bartels, T., Meyer, W., Neurand, K., (1991). Haut- und Gefiederveränderungen bei domestizierten Vögeln. Teil III: Federhauben und Federwirbel. *Kleintierpraxis*, **36**, 325-331.
- Bartels, T., Brinkmeier, J., Kummerfeld, N., Krautwald-Junghanns, M.-E., Baulain, U., Klingmüller, V. (1998). Voruntersuchungen zur Auswirkung des Rassemerkmals „Haube“ auf die Schädel- und Hirnstruktur bei Hausenten (*Anas platyrhynchos* f. dom). *Tierärztl. Prax.*, **26**, 168-173.
- Bartels, T., Brinkmeier, J., Portmann, S., Baulain, U., Zinke, A., Krautwald-Junghanns, M.-E., Boos, A., Wolf, P., Kummerfeld, N. (2001a). Magnetic resonance imaging of intracranial tissue accumulations in domestic ducks (*Anas platyrhynchos* f. dom.) with feather crests. *Veterinary Radiology & Ultrasound* , **42**, 254-258.

- Bartels, T., Brinkmeier, J., Portmann, S., Wolf, P., Krautwald-Junghanns, M.-E., Boos, A., Kummerfeld, N. (2001b). Intrakraniale Fettkörper bei Hausenten (*Anas platyrhynchos* f. dom.). *Tierärztliche Praxis*, **29**(G), 384-390.
- Bartels, T., Brinkmeier, J., Portmann, S., Krautwald-Junghanns, M.-E., Kummerfeld, N., Boos, A. (2001c). Osteological investigations of the incidence of cranial alterations in domestic ducks (*Anas platyrhynchos* f. dom.) with feather crests. *Ann. Anat.*, **183**, 73-80.
- Bartels, T., Kummerfeld, N. (2001d). *Abschlussbericht zum Forschungsauftrag 96 HS 046, Untersuchungen zur Haubenbildung bei Hausenten*. Zu beziehen über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Frankfurt/M.
- Bartels, T., Krautwald-Junghanns, M.-E., Portmann, S., Gille, U., Brinkmeier, J., Kummerfeld, N. (2002). Ataxia and disequilibrium in domestic ducks (*Anas platyrhynchos* f. dom.) with intracranial lipomas. *Veterinary Pathology*, **39**, 396-399.
- Benecke, N. (1994). *Der Mensch und seine Haustiere*. Konrad Theiss Verlag GmbH & Co., Stuttgart
- Bennett, P. M., Harvey, P.H. (1985). Relative brain size and ecology in birds. *J. Zool., London*, **207**, 151-169.
- Berkhoudt, H. (1980). *Touch and taste in the mallard (Anas platyrhynchos L.)*. Dissertationsschrift, Universität Leiden, Niederlande
- Boice, R. (1973). Domestication. *Psychological Bulletin*, **80/3**, 215-230
- Boire, D., Baron, G. (1993). Allometric comparison of brain and main brain subdivisions in birds. *J. Brain. Res.*, **35**, 49-66
- Bottjer, S. W., Sengelaub, D. R. (1989). Cell death during development of a forebrain nucleus involved with vocal learning in zebra finches. *J. Neurobiol.*, **20**, 609-618
- Brander, P., Perentes, E. (1995). Intracranial lipoma in a laboratory rat. *Vet. Pathol.*, **32**, 65-67
- Brinkmeier, J. (1999). *Untersuchungen zur Inzidenz anatomisch-morphologischer Alterationen bei Hausenten (Anas platyrhynchos f. dom.) mit Federhaube*. Dissertationsschrift, Tierärztliche Hochschule Hannover
- Brown, A. F. (1979). *Kunstbrut-Handbuch für Züchter*. Verlag M. & H. Schaper, Hannover
- Bund Deutscher Rassegeflügelzüchter (BDRG) e. V. (2002) *Deutscher Rassegeflügelstandard*. Howa Druck und Satz GmbH, Nürnberg



- Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (2002). *Gutachten zur Auslegung von §11b des Tierschutzgesetzes (Verbot von Qualzuchtungen)*. BMVEL, Bonn
- Busch, Wilhelm (1867). Der Frosch und die beiden Enten. In: *Hans Hucklebein der Unglücksrabe*, Emil Vollmer, Verlag, Wiesbaden
- Carefoot, W. C. (1990). Breeding and selection by poultry fanciers, S. 1029-1048. In: *Poultry breeding and genetics*. Crawford, R. D. (Hrsg.), Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam
- Clauss, B. (2004). *Ente, Gans & Co.*. Leopold Stocker Verlag, Graz
- Clayton, G. A. (1984). Common Duck, S. 334-339 In: *Evolution of domesticated animals*, Mason, I. (Hrsg.), Longman Inc., London
- Clayton, N. S., Krebs, J. R. (1994). Hippocampal growth and attrition in birds affected by experience. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **91**, 7410-7414
- Clutton-Brock, T. H., Harvey, P. H. (1980). Primates, brains and ecology. *J. Zool. Lond.*, **190**, 309-323.
- Clutton-Brock, J. (1987). *A natural history of domesticated mammals*. Cambridge University Press, British Museum
- Cnotka, J., Frahm, H. D., Rehkämper, G. (2006). Intrakraniale Fettkörper und ihre potentiellen Auswirkungen auf Hirnbau und Verhalten bei haubenträgenden Hausenten. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.*, **113**, 27-31
- Cohen, D. H., Karten, H. J. (1974). The structural organization of avian brain: an overview. In: *Birds-Brain and Behavior*, Goodman, I. J., Schein, M. W. (Hrsg.), Academic Press, New York
- Columella (o. J.). Über Landwirtschaft, ein Lehr- und Handbuch der gesamten Acker- und Viehwirtschaft aus dem 1. Jahrhundert u. Z. In: Ahrens, K. (Hrsg.): *Schriften zur Geschichte und Kultur der Antike*, Ahrens, K. (Hrsg.). Akademie Verlag, Berlin
- Conrad, B., Ceballos-Baumann, A. O. (1996). *Bewegungsstörungen in der Neurologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Cramer, C. P. (1988). Experience during suckling increases weight and volume of rat hippocampus. *Dev. Brain. Res.*, **42**, 151-155.
- Crawford, R. D. (1984a). Domestic fowl, S. 298-311 In: *Evolution of domesticated animals*, Mason, I. (Hrsg.). Longman Inc., London

- Crawford, R. D. (1984b). Goose, S. 345-349 In: *Evolution of domesticated animals*, Mason, I. (Hrsg.). Longman Inc., London
- Darwin, C. (1859). *Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl oder die Erhaltung der begünstigten Rassen im Kampfe um's Dasein*. Parkland Verlag, Köln
- Darwin, C. (1868). *The variation of animals and plants under domestication*. Bd. 2, Murray, London
- Darwin, C. (1873). *Das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation*. Schweizerbartsche Verlagshandlung, Stuttgart
- Delacour, J. (1964). *The waterfowl of the world*. Vol. 4. Country Life, London
- Deng, C., Rogers, L. J. (2002). Prehatching visual experience and lateralization in the visual wulst of the chick. *Behavioural Brain Research*, **134**, 375-385.
- Desforges, M. F., Wood-Gush, D. G. M. (1975a). A behavioural comparison of domestic and mallard ducks. Habituation and flight reactions. *Anim. Behav.* **23**, 692-697.
- Desforges, M. F., Wood-Gush, D. G. M. (1975b). A behavioural comparison of domestic and mallard ducks. Spatial relationship in small flocks. *Anim. Behav.* **23**, 698-705.
- Desforges, M. F., Wood-Gush, D. G. M. (1976). Behavioural comparison of Aylesbury and Mallard Ducks: Sexual behaviour. *Anim. Behav.*, **24**, 391-397.
- Diamond, J. (2002). Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature*, **418**, 700-707.
- Doll, P. (1985) *Die Entstehung der Entenrassen. Geschichte des Sondervereins der Entenzüchter Deutschlands von 1895*. Eigenverlag des Sondervereins, Ludwigshafen
- Dubbeldam, J. L. (1984). Brainstem mechanisms for feeding in birds: interaction or plasticity. *Brain Behav. Evol.*, **25**, 85-98.
- Dubbeldam, J. L. (1993). Brain organization and behaviour. A discussion of neuronal systems in birds. *Acta Biotheoretica*, **41**, 469-479.
- Dubois, E. (1897). Ueber die Abhängigkeit des Hirngewichtes von der Körpergröße bei den Säugethieren. *Arch. Anthropol.*, **25**, 1-28.
- Dubois, E. (1914). Die gesetzmäßige Beziehung von Gehirnmasse zu Körpergröße bei den Wirbeltieren. *Z. f. Morph. u. Anthropol.*, **18**, 323-350.
- Dürigen, B. (1923). *Die Geflügelzucht*. 1. Band, 5. Aufl., Berlin
- Ebinger, P. (1971). Vergleichend-quantitative Untersuchungen an Wild- und Laborratten. *Z. Tierzüchtg. Züchtungsbiol.*, **89**, 34-57.

- Ebinger, P. (1974). A cytoarchitectonic volumetric comparison of brains in wild and domestic sheep. *Z. Anat. Entwickl.-Gesch.*, **144**, 267-302
- Ebinger, P. (1979). Zur Hirn-Körpergewichtsbeziehung bei Wölfen und Haushunden sowie Haushundrassen. *Z. f. Säugetierk.*, **45**, 148-153
- Ebinger, P., Löhmer, R. (1984). Comparative quantitative investigations on brains of rock doves, domestic and urban pigeons (*Columba l. livia*). *Z. zool. Syst. Evolut.-forsch.*, **22**, 136-145
- Ebinger, P., Löhmer, R. (1985). Zur Hirn- Körpergewichtsbeziehung bei Stock- und Hausenten. *Zool. Anz.*, **214**, 285-290.
- Ebinger, P., Löhmer, R. (1987). A volumetric comparison of brains between greylag geese (*Anser anser* L.) and domestic geese. *J. Hirnf.*, **28**, 291-299.
- Ebinger, P., Röhrs, M., Pohlenz, J. (1989). Veränderungen von Hirn- und Augengrößen bei wilden und domestizierten Truthühnern (*Meleagris gallopavo* L., 1758). *Z. zool. Syst. Evolut.-forsch.*, **27**, 142-148.
- Ebinger, P., Rehkämper, G., Schröder, H. (1992). Forebrain specialization and the olfactory system in anseriform birds. *Cell Tissue Res.*, **268**, 81-90.
- Ebinger, P. (1995). Domestication and plasticity of brain organization in mallards (*Anas platyrhynchos*). *Brain, Behav., Evol.*, **45**, 286-300.
- Ebinger, P. (1996). Domestikationsbedingte Änderungen von Hirn und Verhalten beim Hausgeflügel. *Acta Biol. Benrodis*, Suppl. **3**, 37-52.
- Edinger, L. (1903). Untersuchungen über die vergleichende Anatomie des Gehirns. 5. Das Vorderhirn der Vögel. *Abh. Senckenber. Naturf. Ges.*, **20**, 343-426.
- Edinger, L. (1908). The relations of comparative anatomy to comparative psychology. *The Journal of Comparative Neurology and Psychology*, **18**, 437-457.
- Emery, N. J., Clayton, N. (2004). The mentality of crows: convergent evolution of intelligence in corvids and apes. *Science*, **306**, 1903-1907.
- Engelmann, C. (1954). Versuche über den Gesichtskreis der Enten. *Z. f. Tierpsychologie*, **11**, 436-445.
- Engelmann, C. (1984). *Leben und Verhalten unseres Hausgeflügels*. Neumann Verlag, Leipzig
- Finlay, B. L., Hersman, M. N., Darlington, R. B. (1998). Patterns of vertebrate neurogenesis and the paths of vertebrate evolution. *Brain Behav. Evol.*, **52**, 232-242.
- Frahm, H. D., Stephan, H. (1976). Vergleichende Volumenmessungen an Hirnen von Wild-

- und Gefangenschaftstieren des Spitzhörnchens (*Tupaia*). *J. Hirnforsch.*, **17**, 449-462.
- Frahm, H.D., Rehkämper, G. (1998). Allometric comparison of the brain and brain structures in the white crested Polish chicken with uncrested domestic chicken breeds. *Brain, Behaviour and Evolution*, **52**, 292-307.
- Frahm, H.D., G. Rehkämper, C. W. Werner (2001) Brain alterations in crested versus non-crested breeds of domestic ducks (*Anas platyrhynchos* f.d.). *Poultry Science*, **80**: 1249-1257.
- Frahm, H. D., Rehkämper, G. (2004). Brain size, brain composition and intracranial fat bodies in a population of free-living crested ducks ('Hochbrutflugenten'). *British Poultry Science*, **45**, 590-597.
- Frahm, H.D., Cnotka, J., Rehkämper, G. (2005). Landente ohne Haube mit neurologischen Symptomen und ihr Hirnbau. *Tierärztliche Umschau*, **60**, 319-322.
- Frank, H. (1980). Evolution of Canine Information Processing under Conditions of Natural and Artificial Selection. *Z. Tierpsych.*, **53**, 389-399.
- Frick, H., Nord, H. J. (1963). Domestikation und Hirngewicht. *Anat. Anz.*, **113**, 307-316.
- Fritz, J. (1976). Vergleichende quantitative Untersuchungen an kulturfolgenden Stockenten und Hausenten. *Diss. Tierärztl. Hsch. Hannover*
- Gallyas, F. (1971). A principle for silver staining of tissue elements by physical development. *Acta. Morphol. Acad. Sci. Hung.*, **19**, 57-71.
- Goodman, D. C., Horel, J. A., Freemon, F. R. (1963). Functional localization in the cerebellum of the bird (*Anas domesticus*). *Anatomical Record*, **145**, 233-234.
- Guémené, D., Guy, G. (2004). The past, present and future of force-feeding and "foie gras" production. *World's Poultry Science Journal*, **60**, 210-222.
- Güntürkün, O. (1991). The functional organization of the avian visual system, S. 92-105. In: *Neural and Behavioural Plasticity*. Andrew, R. J. (Hrsg.), Oxford University Press, Oxford.
- Güntürkün, O. (1997). Cognitive impairments after lesions of the neostriatum caudolaterale and its thalamic afferents in pigeons: functional similarities to the mammalian prefrontal system? *Journal of Brain Research*, **38**, 133-143.
- Haase, E. (1980). Physiologische Aspekte der Domestikation. *Zool. Anz.*, **204**, 265-281.
- Haefelfinger, H. R. (1957). *Beiträge zur vergleichenden Ontogenese des Vorderhirns bei Vögeln*. Verlag Helbing & Lichtenhahn, Basel

- Hale, E. B. (1969). Domestication and the evolution of behaviour. S. 22-42, In: *The behaviour of domestic animals*, Hafez, E. S. E. (Hrsg.), Baillière, Tindall and Cassell, London
- Hams, F. (2000). *Domestic Ducks and Geese*. Shire Publications, Buckinghamshire
- Harvey, P. H. (1988). Allometric analysis and brain size, S. 199-210. In: *Intelligence and evolutionary biology*. Jerison, H. J., Jerison, I. (Hrsg.), Springer Verlag, Berlin
- Hawes, R. O. (1984). Pigeons, S. 351-356 In: *Evolution of domesticated animals*, Mason, I. (Hrsg.). Longman Inc., London
- Hemmer, H. (1978). Innerartliche Unterschiede der relativen Hirngröße und ihr Wandel vom Wildtier zum Haustier. *Säugetierkundl. Mitt.*, **26**, 312-317
- Hemmer, H. (1983). *Domestikation-Verarmung der Merkwelt*. Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig
- Herre, W., Röhrs, M. (1990). *Haustiere-zoologisch gesehen*. 2. Aufl. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Hetzer, H. O., Harvey, W. R., Miller, C. O., Hiner, R. L. (1961). Genetic and environmental changes in 3 strains of swine. *Journal of Animal Science*, **20**, 907.
- Hoerschelmann, H., Schulz, H. G. (1984). Beobachtungen an einer städtischen Stockentenpopulation, *Anas platyrhynchos* L. (Aves). *Zool. Anz.* **213**, 339-354.
- Homer, B. L., Riggs, M. W. (1991). Cranial teratomas in two domestic ducks (*Anas platyrhynchos domestica*). *Avian Diseases*, **35**, 994-998.
- Hunt, G. R. (1996). Manufacture and use of hook-tools by New Caledonian crows. *Nature*, **379**, 249-251
- Isguzar, E. (2005). Some egg and hatching traits of local ducks, Turkish Pekins and Muscovy Ducks in Isparta/Turkey. *Arch. Tierz.*, **48**, 94-100.
- Ito, M. (1984). *The cerebellum and neural control*. Raven, New York
- Iwaniuk, A. N., Nelson, J. E., James, H. F., Olson, S. L. (2004). A comparative test of the correlated evolution of flightlessness and relative brain size in birds. *J. Zool., Lond.*, **263**, 317-327.
- Iwaniuk, A. N., Hurd, P. L. (2005). The evolution of cerebrotypes in birds. *Brain Behav. Evol.*, **65**, 215-230.
- Iwaniuk, A. N., Hurd, P. L., Wylie, D. R. W. (2006a). The comparative morphology of the cerebellum in caprimulgiform birds: evolutionary and functional implications. *Brain Behav. Evol.*, **67**, 53-68.

- Iwaniuk, A. N., Hurd, P. L., Wylie, D. R. W. (2006b). Comparative morphology of the avian cerebellum: I. Degree of foliation. *Brain Behav. Evol.*, **68**, 45-62.
- Jacobs, L. F., Spencer, W. D. (1994). Natural space-use patterns and hippocampal size in kangaroo rats. *Brain Behav. Evol.*, **44**, 125-132.
- Jones, L. D. (1964). Avian cerebellar teratoma. *Avian Diseases*, **8**, 580-584.
- Jung, H. H., Vuadens, P., Hess, K. (2002). Ataxie-Syndrome, S.80-96. In: *Neurologie-Kompendium*, Verlag Hans Huber, Bern
- Kalisinska, E. (2005). Anseriform brain and its parts versus taxonomic and ecological categories. *Brain Behav. Evol.*, **65**, 244-261
- Kamar, G. A. R., Hussain, H. H., Goher, L., El Nadi, M. M. (1983). Lethal factors in Pekin Ducks. *Egypt. J. Anim. Prod.*, **23**, 177-185.
- Karten, H. J., Hodós, W. (1967). A stereotaxic atlas of the brain of the pigeon, *Columba livia*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore
- Karten, H. J. (1991). Homology and evolutionary origins of the 'neocortex'. *Brain Behav Evol.*, **38**, 264-272
- Keeling, L. (2002). Behaviour of Fowl and Other Domesticated Birds, S. 101-117 In: *The ethology of domestic animals*. Jensen, P. (Hrsg.), CABI Publishing, Oxon
- Klatt, B. (1955). Noch einmal: Hirngröße und Körpergröße. *Zool. Anz.*, **155**, 215-232.
- Klintworth, G. K. (1968). The comparative anatomy and phylogeny of the tentorium cerebelli. *Anatomical Record*, **160**, 635-642.
- Klockgether, T., Bürk, K., Dichgans, J. (1996). Zerebelläre Bewegungsstörungen (Ataxien), S. 254-279. In: *Bewegungsstörungen in der Neurologie*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Knierim, U., Bulheller, M. A., Kuhnt, K., Briese, A., Hartung, J. (2004). Wasserangebot für Enten bei Stallhaltung-ein Überblick aufgrund der Literatur und eigener Erfahrungen. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.*, **111**, 115-118.
- Kontecka, H., Nowaczewski, S., Ksiazkiewicz, J., Rosinski, A. (2006). The effect of supplementing feed with vitamin C on the haematological indices of ducks and their offspring. *Journal of Animal and Feed Sciences*, **15**, 455-462.
- Kopsieker, I. (1991). *Der Einfluss von Domestikation auf das Sozialverhalten. Vergleichende Untersuchungen an Entenküken der Wild- und Hausform von Anas platyrhynchos*. Dissertationsschrift, Universität Marburg

- Krautwald, F. (1910). *Die Haube der Hühner und Enten*. Dissertationsschrift, Universität Bern, Schweiz
- Kretchmer, K. R., Fox, M. W. (1975). Effects of domestication on animal behaviour. *Vet. Rec.*, **96**, 102-108
- Kröner, S., Güntürkün, O. (1999). Afferent and Efferent Connections of the caudolateral neostriatum in the pigeon (*Columba livia*): a retro- and anterograde pathway tracing study. *J. Comp. Neurol.*, **407**, 228-260
- Kruska, D. (1973). Cerebralisation, Hirnevolution und domestikationsbedingte Hirngrößenänderungen innerhalb der Ordnung Perissodactyla Owen, 1848 und ein Vergleich mit der Ordnung Artiodactyla Owen, 1848. *Z. zool. Syst. Evolut.-forsch.*, **11**, 81-103
- Kruska, D., Stephan, H. (1973). Volumenvergleich allokortikaler Hirnzentren bei Wild- und Hausschweinen. *Acta anat.*, **84**, 387-415
- Kruska, D. (1980). Domestikationsbedingte Hirngrößenänderungen bei Säugetieren. *Z. Zool. Syst. Evolut.-forsch.*, **18**, 161-195.
- Kruska, D. (1987). How fast can brain size change in mammals? *J. Hirnforsch.*, **28**, 59-70
- Ksiazkiewicz, J. (2002). Reproductive and meat characteristics of Polish ducks threatened with extinction. *Czech J. Anim. Sci.*, **47**, 401-410.
- Kuenzel, W. J., Masson, M. (1988). *A stereotaxic atlas of the brain of the chick (Gallus domesticus)*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore
- Kuhlenbeck, H. (1938). The ontogenetic development and phylogenetic significance of the cortex telencephali in the chick. *J. Comp. Neurol.*, **69**, 273-301.
- Kuhlenbeck, H. (1977). *The central nervous system of vertebrates. Vol. 5, Part I: Derivatives of the Prosencephalon: Diencephalon and Telencephalon*. S. Karger Verlag, Basel.
- Lancaster, F. M. (1990). Mutations and major variants in domestic ducks, S. 381-388. In: Poultry breeding and genetics. Crawford, R. D. (Hrsg.), Elsevier, Amsterdam
- Lühmann, M. (1949). Über Domestikationsveränderungen bei Gänsen. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.*, Kiel, 270-283.
- Lüthgen, W. (2002). *Wassergeflügelkrankheiten*. Oertel & Spörer Verlag, Reutlingen
- Madge, S., Burn, H. (1989). *Wassergeflügel. Ein Bestimmungsbuch der Schwäne, Gänse und Enten dieser Welt*. Verlag Paul Parey, Hamburg



- Martin, J. T. (1975). Hormonal Influences in the Evolution and Ontogeny of Imprinting Behavior in the duck. *Progress in Brain Research*, **42**, 357-366
- Martin, J. T. (1978). Embryonic Pituitary Adrenal Axis, Behavior Development and Domestication in Birds. *Amer. Zool.*, **18**, 489-499
- Mason, I. L. (Hrsg.)(1984). *Evolution of domesticated animals*. Longman Inc., London
- McKinney, F. (1962). The behaviour of ducks. In: Hafez, E. S. E. (Hrsg.): *The behaviour of domestic animals*. Hafez, E. S. E. (Hrsg.).Baillière Tindall, London
- Mehner, A. (1961). Entenrassen in verschiedenen Ländern der Welt. In: *Handbuch der Tierzucht* 3/2. Hammond, Johansson, Haring (Hrsg.). Verlag Paul Parey, Hamburg
- Mench, J., Keeling, L. J. (2001). The Social Behaviour of Domestic Birds, S. 177-211 In: *Social Behaviour in Farm Animals*, Keeling, L. J., Gonyou, H. W. (Hrsg.), CABI Publishing, Oxon
- Meunier, K. (1959). Die Größenabhängigkeit der Körperform bei Vögeln. *Z. wiss. Zool.* **162**, 328-355.
- Miller, D. B. (1977). Social displays of mallard ducks (*Anas platyrhynchos*): effects of domestication. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **91/2**, 221-232.
- Mpotsaris, A. (2006). *Struktur und Anwendung eines Programmes (NucleoScope) zur effizienten Volumenbestimmung in morphologischen Schnittpräparaten*. Dissertationsschrift, Medizinische Fakultät der Universität Düsseldorf
- Nachtsheim, H., Stengel, H. (1977). *Vom Wildtier zum Haustier*. Verlag Paul Parey, Hamburg
- Necker, R. (1999). Specializations in the lumbosacral spinal cord of birds: morphological and behavioural evidence for a sense of equilibrium. *Eur. J. Morph.*, **37**, 211-214.
- Necker, R., Janssen, A., Beissenhirtz, T. (2000). Behavioral evidence of the role of lumbosacral anatomical specializations in pigeons in maintaining balance during terrestrial locomotion. *J. Comp. Physiol.*, **186**, 409-412.
- Necker, R. (2006). Specializations in the lumbosacral vertebral canal and spinal cord of birds: evidence of a function as a sense organ which is involved in the control of walking. *J. Comp. Physiol.*, **192**, 439-448.
- Nieuwenhuys, R., ten Donkelaar, H. J., Nicholson, C. (1998). *The central nervous system of vertebrates*. Springer Verlag, Berlin
- Nitter, G. (2003). Züchtung, S. 119-202. In: *Schafzucht*, Strittmatter, K. (Hrsg.), Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

- Ogilvie, M. A. (1984). Swan, S. 349-351 In: *Evolution of domesticated animals*, Mason, I. (Hrsg.). Longman Inc., London
- Oswald, Paul-Erwin (2006). *Unsere Gänse und Enten*. Oertel + Spörer Verlag, Reutlingen
- Pearson, R. (1972). *The Avian Brain*. Academic Press, London/New York
- Pepperberg, I. M. (1990). Cognition in an African grey parrot (*Psittacus erithacus*): further evidence for comprehension of categories and labels. *J. Comp. Psychol.*, **104**, 41-52
- Pepperberg, I. M. (2002). In search of king Solomon's ring : cognitive and communicative studies of grey parrots (*Psittacus erithacus*). *Brain Behav. Evol.*, **59**, 54-67
- Périquet, Jean-Claude (1999). *Les oies et les canards*. Éditions rustica, Paris
- Pingel, H. (1989). *Die Hausenten*. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg
- Pingel, H. (1990). Genetics of egg production and reproduction in waterfowl, S. 771-780 In: *Poultry Breeding and Genetics*, Crawford, R. D. (Hrsg.), Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam
- Platzbecker, M. (2000). *Der große Geflügelstandard in Farbe. Band 3: Wassergeflügel: Gänse und Enten*. 2. Aufl., Oertel und Spörer, Reutlingen
- Portmann, A. (1946 a). Études sur la cérébralisation chez les oiseaux. I. *Alauda*, **14**, 2-20.
- Portmann, A. (1946 b). Études sur la cérébralisation chez les oiseaux. II. Les indices intra-cérébraux. *Alauda*, **15**, 1-15.
- Price, E. O. (1984). Behavioral aspects of animal domestication. *The Quarterly Review of Biology*, **59**, 1-32.
- Price, E. O. (1999). Behavioral development in animals undergoing domestication. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, **65**, 245-271.
- Regard, M., Röhrenbach, C., Annoni, J. M., Hess, K. (2002). Hereditäre, mitochondriale und ungeklärt-degenerative Erkrankungen, S. 39-96. In: *Neurologie-Kompendium*, Verlag Hans Huber, Bern
- Rehkämper, G. (1988). *Vergleichende Untersuchungen zum Hirnbau in den Wirbeltierklassen Mammalia und Aves*. Habilitationsschrift, Medizinische Fakultät der Universität Köln
- Rehkämper, G., Haase, E., Frahm, H. D. (1988). Allometric comparison of brain weight and brain structure volumes in different breeds of the domestic pigeon, *Columba livia* f. d. (Fantails, Homing pigeons, Strassers). *Brain Behav. Evol.*, **31**, 141-149.
- Rehkämper, G., Frahm, H. D., Zilles, K. (1991). Quantitative development of brain and brain

- structures in birds (Galliformes and Passeriformes) compared to that in mammals (insectivores and primates). *Brain Behav. Evol.*, **37**, 125-143.
- Rehkämper, G., Frahm, H. D. (1998). Allometric comparison of the brain and brain structures in the White Crested Polish Chicken with uncrested domestic chicken breeds. *Brain Behav. Evol.*, **52**, 292-307.
- Rehkämper, G., Kart, E., Frahm, H. D., Werner, C. W. (2003). Discontinuous variability of brain composition among domestic chicken breeds. *Brain Behav. Evol.*, **61**, 59-69.
- Rehkämper, G., Frahm, H.D., Cnotka, J. (2006). Domestication: increase, not only regression in brain part size. *Submitted*.
- Reiner, A., Brauth, S. E., Karten, H. J. (1984). Evolution of the amniote basal ganglia. *Trends in Neuroscience*, **9**, 320-325.
- Reiner, A., Perkel, D. J., Bruce, L. L., Butler, A. B., Csillag, A., Kuenzel, W., Medina, L., Paxinos, G., Shimizu, T., Striedter, G., Wild, M., Ball, G. F., Durand, S., Güntürkün, O., Lee, D. W., Mello, C. V., Powers, A., White, S. A., Hough, G., Kubikova, L., Smulders, T. V., Wada, K., Dugas-Ford, J., Husband, S., Yamamoto, K., Yu, J., Siang, C., Jarvis, E. D. (2004). Revised nomenclature for avian telencephalon and some related brainstem nuclei. *The Journal of Comparative Neurology*, **473**, 377-414.
- Reiter, K. (1997). Das Verhalten von Enten (*Anas platyrhynchos* f. domestica) (Literaturstudie). *Arch. Geflügelk.* **61** (4), 149-161.
- Rempe, U. (1962). Über einige statistische Hilfsmittel moderner zoologisch-systematischer Untersuchungen. *Zool. Anz.*, **169**, 93-140
- Requate, H. (1959). Federhauben bei Vögeln. Eine genetische und entwicklungsphysiologische Studie zum Problem der Parallelbildungen. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, **162**, 192-313.
- Rodenburg, T. B., Bracke, M. B. M., Berk, J., Cooper, J., Faure, J. M., Guémené, D., Guy, G., Harlander, A., Jones, T., Knierim, U., Kuhnt, T., Pingel, H., Reiter, K., Servière, J., Ruis, M. A. W. (2005). Welfare of ducks in European duck husbandry systems. *World's poultry Science Association*, **61**, 633-646.
- Röhrs, M. (1959). Neue Ergebnisse und Probleme der Allometrieforschung. *Z. wiss. Zoologie*, **162**, 1-95.
- Röhrs, M., Ebinger, P. (1999). Verwildert ist nicht gleich wild: Die Hirngewichte verwilderter Haussäugetiere. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.*, **112**, 234-238.

- Rogers, L. J., Deng, C. (2005). Corticosterone treatment of the chick embryo affects light-stimulated development of the thalamofugal visual pathway. *Behavioural Brain Research*, **159**, 63-71.
- Romeis, B. (1989). *Mikroskopische Technik*. Urban und Schwarzenberg, München
- Rose, M. (1914). Über die cytoarchitektonische Gliederung des Vorderhirns der Vögel. *J. Psychol. Neurol.*, **21**, 278-352.
- Roth, G., Blanke, J., Wake, D. B. (1994). Cell size predicts morphological complexity in the brains of frogs and salamanders. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **91**, 4796-4800.
- Rudolph, W. (1978). *Die Hausenten*. 2. Aufl., A. Ziemsen Verlag, Wittenberg
- Rudolph, W. (2000). Herkunft der Hochbrutflugenten. *Deutscher Kleintierzüchter*, **4**, 4-8.
- Rudolph, W. (2001). Herkunft und Züchtung von Landenten (mit Haube). *Geflügelbörse*, **17**, 4-9.
- Rüst, W. (1932). Lethalfaktoren und unvollkommene Dominanz bei Haubenenten. *Archiv für Geflügelkunde*, **6**, 110-116.
- Russell, H. M. (2001). Joint effort is paying off with Crested Ducks. *Australasien Poultry*, **12**, 3-4.
- Sari, A., Dinc, H., Gümele, H. R. (1998). Interhemispheric lipoma associated with subcutaneous lipoma. *Eur. Radiol.*, **8**, 628-630.
- Schille, J. (2006). Bali-Enten. In den Reisfeldern Balis zu Hause. *Geflügelbörse*, **15**, 6-7.
- Schmidt, H. (1996). *Groß- und Wassergeflügel*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- Schmitz, S. (1991). *Der Einfluss der Domestikation auf genetisch fixierte Lerndispositionen*. Dissertationsschrift, Universität Marburg
- Scholtyssek, S., Doll, P. (1978). *Nutz- und Ziergeflügel*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- Schütte, J., Stach, G., Wolters, J. (1994). *Handbuch der Taubenrassen*. Verlag Josef Wolters, Bottrop
- Setioko, A. R., Hetzel, D. J. S., Evans, A. J. (1984) Duck production in Indonesia. In: *Duck Production Science and World Practice*. Farrell, D. J., Stapleton, P. (Hrsg.). University of New England
- Shimizu, T., Karten, H. J. (1993). The avian visual system and the evolution of the neocortex. S. 103-114, In: *Vision, brain and behaviour in birds*. Zeigler, H. P., Bischof, H. J. (Hrsg.), MIT Press, Cambridge

- Shimizu, T., Bowers, A. N. (1999). Visual circuits of the avian telencephalon: evolutionary implications. *Behavioural Brain Research*, **98**, 183-191.
- Sibley, C. G., Ahlquist, J. E. (1990) *Phylogeny and classification of birds. A study in molecular evolution*. Yale University Press, New Haven & London
- Siegmann, O. (1992). Propädeutik, S. 15-44. In: *Krankheiten des Wirtschaftsgeflügels*, Heider, G., Monreal, G. (Hrsg.), Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Snell, O. (1892). Die Abhängigkeit des Hirngewichtes von dem Körpergewicht und den geistigen Fähigkeiten. *Arch. Psychiat.*, **23**, 436-446.
- Sossinka, R. (1982). Domestication in birds. S. 373-403, In: *Avian biology Vol. 6.*, Farner, D. S., King, J. R., Parkes, K. C. (Hrsg.), Academic Press, London
- Steeves, J. D., Sholomenko, G. N., Webster, D. M. S. (1987). Stimulation of the pontomedullary reticular formation initiates locomotion in decerebrate birds. *Brain Research*, **401**, 205-212.
- Stephan, H. (1950). Wie verändert die Domestikation den Feinbau des Gehirns?. *Umschau*, **24**, 753-754.
- Stephan, H. (1960). Methodische Studien über den quantitativen Vergleich architektonischer Struktureinheiten des Gehirns. *Z. wiss. Zoologie*, **164**, 143-172.
- Stephan, H., Baron, G., Frahm, H. D., Stephan, M. (1986). Größenvergleiche an Gehirnen und Hirnstrukturen von Säugern. *Z. mikrosk.-anat. Forsch.*, **100**, 189-212.
- Stephan, H., G. Baron and H.D. Frahm (1988) Comparative size of brains and brain Components, S.1-38, In: *Comparative Primate Biology* (ed. by H. D. Steklis and J. Erwin), Alan R. Liss, New York
- Stingelin, W. (1956). *Vergleichend morphologische Untersuchungen am Vorderhirn der Vögel auf cytologischer und cytoarchitektonischer Grundlage*. Verlag Helbing & Lichtenhahn, Basel
- Sultan, F. (2005). Why some bird brains are larger than others. *Current Biology*, **15**, R649-R650.
- Tegetmeier, W. B. (1873). *The Poultry Book*. George Routledge And Sons, London.
- Tellegen, A. J., Dubbeldam, J. L. (1994). Location of premotor neurons of the motor nuclei innervating craniocervical muscles in the mallard (*Anas platyrhynchos L.*). *European Journal of Morphology*, **32**, 138-141.

- Teuchert, G., Reissmann, T., Vockel, A. (1986). Olfaction in Pekin Ducks (*Anas platyrhynchos*): a comparative study of centrifugal and centripetal olfactory connections in young ducks and in embryos and ducklings (Aves). *Zoomorphology*, **106**, 185-198.
- The Avian Brain Nomenclature Consortium (2005). Avian brains and a new understanding of vertebrate brain evolution. *Nature*, **6**, 151-159.
- Voogd, J. (1998). Cerebellum and precerebellar nuclei/Motor systems. In: *The central nervous system of vertebrates*. Nieuwenhuys, R., ten Donkelaar, H. J., Nicholson, C. (Hrsg.), Springer Verlag, Berlin
- Wandelt, R., Wolters, J. (1996). *Handbuch der Hühnerrassen*. Verlag Josef Wolters, Bottrop
- Watanabe, S., Sakamoto, J., Wakita, M. (1995). Pigeon's discrimination of paintings by Monet and Picasso. *J. Exp. Anal. Behav.*, **63**, 165-174.
- Watanabe, S. (2003). Effects of wulst and ectostriatum lesions on repeated acquisition of spatial discrimination in pigeons. *Cognitive Brain Research*, **17**, 286-292.
- Webster, D. M. S., Steeves, J. D. (1991). Funicular organization of avian brainstem-spinal projections. *J. Comp. Neurol.*, **312**, 467-476.
- Weidemann, W. (1979). Die Beziehung von Hirngewicht und Körpergewicht bei Wölfen und Pudeln sowie deren Kreuzungsgenerationen N<sub>1</sub> und N<sub>2</sub>. *Z. f. Säugetierk.*, **35**, 238-247.
- Weigend, S., Vef, E., Wesch, G., Meckenstock, E., Seibold, R., Ellendorff, F. (1995). Konzeption zur Erhaltung genetischer Ressourcen bei geflügelspezies in Deutschland. *Arch. Geflügelk.*, **59**, 327-334.
- Weigend, S., Romanov, M. N. (2001). Current strategies for the assessment and evaluation of genetic diversity in chicken resources. *World's Poultry Science Journal*, **57**, 275-287.
- Welchmann, D. D., Ainsworth, H. L., Pennycott, T. W., MacKenzie, G., Wood, A. M. (2000). *Pheasant ataxia: a new condition in pheasant poults*, **147**, 93-97.
- Wild, J. M. (1992). Direct and indirect "cortico"-rubral and rubro-cerebellar cortical projections in the pigeon. *J. Comp. Neurol.*, **326**, 623-636.
- Wild, J. M., Williams, M. N. (2000a). Rostral wulst in passerine birds. I. Origin, course, and terminations of an avian pyramidal tract. *J. Comp. Neurol.*, **416**, 429-450.
- Wild, J. M., Williams, M. N. (2000b). A direct cerebrocerebellar projection in adult birds and rats. *Neuroscience*, **96**, 333-339.

- Willer, S. (1992). Chromosomenaberrationen, Letalfehler und genetische Morbiditätsfaktoren, S. 117-132. In: *Krankheiten des Wirtschaftsgeflügels*. Heider, G., Monreal, G. (Hrsg.), Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Wirz, K. (1950). Studien über die Cerebralisation: zur quantitativen Bestimmung der Rangordnung bei Säugetieren. *Acta. Anat.*, **9**, 134-196.
- Wree, A. (1986). *Reduktion der Plastizität des visuellen Systems in der postnatalen Ontogenese der Ratte*. Habilitationsschrift, Universität Köln
- Würdinger, I. (1979). Olfaction and feeding behaviour in juvenile geese (*Anser a. anser* and *Anser domesticus*). *Z. Tierpsychol.*, **49**, 132-135.
- Zanata, G. (1997). Encephalocele: experimental model. *J. Neurosurg. Sci.*, **41**, 235-248.
- Zeuner, F. E. (1963) *Geschichte der Haustiere*. Bayerischer Landwirtschaftsverlag GmbH, München
- Zilles, K., A. Schleicher and F. W. Pehlemann (1982) How many sections must be measured in order to reconstruct the volume of a structure using serial sections? *Microscopia Acta*, **86**, 339-346.
- Zilles, K., Rehkämper, G. (1994). *Funktionelle Neuroanatomie*. Springer Verlag, Berlin
- Zweers, G. A. (1971). *A stereotactic atlas of the brainstem of the mallard (Anas platyrhynchos L.)*. Dissertationsschrift, Universität Leiden, Niederlande



## **7. Danksagungen**

Herrn Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Gerd Rehkämper, C. & O. Vogt Institut für Hirnforschung, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf möchte ich herzlich für die Bereitstellung des Themas und die Begleitung und Unterstützung meiner Arbeit danken. Unverzichtbar waren auch die vielen Anregungen und Diskussionen, die es mir trotzdem erlaubt haben, selbstständig zu arbeiten und meine eigenen Ideen zu verwirklichen.

Auch wäre ohne die von ihm möglich gemachte Bereitstellung von einem Arbeitsplatz und Tierhaltungsmöglichkeiten am Wissenschaftlichen Geflügelhof des Bundes Deutscher Rassegeflügelzüchter e. V. in Sinsteden diese Arbeit nicht realisierbar gewesen.

Seine Unterstützung bezüglich Forschungsreisen, Fachvorträgen, Neuanschaffungen, Züchterkontakten und vielem mehr ermöglichten mir, neben einer Erweiterung des eigenen Horizonts, uneingeschränkt zu forschen, mir Anregungen zu holen und mich weiterzubilden.

Herrn Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Hartmut Greven, Institut für Zoomorphologie, Zellbiologie und Parasitologie, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf möchte ich für die Übernahme des Koreferats danken.

Herr Dr. H. D. Frahm hat mich mit viel Ausdauer und Geduld in die Neuroanatomie eingeführt und damit einen großen Dank verdient.

Dasselbe gilt für alle Züchter, die mich im Laufe dieser Arbeit nicht nur mit Tieren sondern auch mit wertvollen Ratschlägen bezüglich der Entenhaltung und Zucht unterstützt haben. Ohne ihre Bereitstellung von Tieren wäre diese Arbeit nicht realisierbar gewesen und ohne ihre Tipps und Ratschläge hätte ich noch heute keine Ahnung, wie man Enten glücklich macht und wie man selber mit Enten glücklich wird.

Hierbei möchte ich vor allem Herrn Dopheide für sein andauerndes Engagement danken. Des Weiteren möchte ich namentlich Herrn Austenfeld, Herrn Feldmeyer, Herrn Güntherodt, Herrn Lenz und Herrn Prager danken.

Ein ganz großes Danke geht an Claudia Stolze, ihre histologische Arbeit und ihre Geduld bei meiner Einarbeitung in die Histologie. Zudem hat sie nie den Überblick über die ungeheure

Menge an Entenschädeln verloren und war beim Perfundieren die beste Hilfe, die man sich wünschen kann.

Ähnliches gilt für Inga Tiemann, die ohne zu murren mit mir zwecks Tierbeschaffung in die tiefsten Ecken Deutschlands gefahren ist, mich bei Wind und Wetter oft bei den Verhaltensuntersuchungen unterstützt hat und mir auch sonst immer mit Rat und Tat zur Seite stand.

Verena Ohms danke ich für ihre Unterstützung in der Morphometrie und ihre vertrauensvolle Versorgung der Tiere während meiner Phase des Zusammenschreibens.

Für die zeitweise Versorgung der Enten danke ich auch Thomas Schwabe, Rudi Engels und Andrea Engels.

Dem Bund Deutscher Rassegeflügelzüchter (BDRG) und seinen Präsidenten Edwin Vef und Wilhelm Riebniger danke ich ebenso für ihre ideelle und finanzielle Unterstützung wie dem Verein zur Förderung junger WissenschaftlerInnen in der Rassegeflügelforschung (JuWiRa, 1. Vorsitzender Karl Stratmann).

Herrn Prof. Gerd Novotny, PhD, Institut für Anatomie I, und seiner Mitarbeiterin Frau Mertens danke ich für die Bereitstellung der Mikroskopkamera.

Mein größter Dank gilt meinem Freund Martin, der unermüdlich Interesse an meiner Arbeit gezeigt hat, sich manches Wochenende mit mir bei den Enten um die Ohren geschlagen hat und mich gerade in der letzten Phase der Arbeit immer wieder aufgebaut, ermutigt und oft vor einem kleinen Nervenzusammenbruch bewahrt hat.

Ebenfalls danken möchte ich meiner Mutter und meinem Bruder für ihren uneingeschränkten Glauben an mich und ihren andauernden Beistand, der mich schon während des Studiums begleitet hat.

Ein besonderer Dank gilt meinem verstorbenen Vater. Sein Interesse für alles und seine Angewohnheit, jede Frage, die er nicht beantworten konnte, sofort nachzuschlagen, haben mich und meine Art zu studieren sehr geprägt.

## Anhang

### **Bewegungsverhalten nach Ausschaltung des visuellen Systems**

Deskriptive Verhaltensprotokolle der einzelnen Tiere

#### **I**

Bei dem Tier handelte es sich um eine weiße Ente mit großer Haube. Beim Einsetzen in die Arena schwankte sie ein paar Mal hin und her und musste sich mit dem Schwanz abstützen. Sie probiert zuerst, die Maske an der eigenen Schulter abzureiben und begann schließlich mit dem Versuch, sie mit dem linken Fuß hinunterzukratzen. Dabei schwankte sie stark und musste sich mit der rechten Körperseite auf dem Boden abstützen. Bei den Kratzversuchen musste sie aufgrund von Gleichgewichtsproblemen den Fuß sehr häufig zwischendurch absetzen. Bisweilen fiel sie beim Kratzen auf die rechte Seite oder nach vorne. Sie schaffte es nie, sich längere Zeit am Stück zu kratzen und versuchte nach einiger Zeit meist, die Maske durch Abstreifen am eigenen Körper, meist dem Rücken, zu entfernen. Auch dabei musste sie sich oft mit dem Schwanz abstützen.

Das Tier blieb die meiste Zeit auf einem Fleck stehen und bewegte sich freiwillig so gut wie überhaupt nicht. Selbst beim Stillstehen schwankte es leicht vor und zurück. Als es einmal durch seitliches Anstupsen zum Laufen animiert werden sollte, fiel es sofort auf die Seite und danach auf den Rücken. Es konnte sich aber schnell aus eigener Kraft wieder aus dieser Position umdrehen und aufrichten. Nach vier Minuten probierte sie nicht mehr, die Maske abzureiben und nach sechs Minuten legte sie sich bis zum Ende des Experimentes hin.

#### **II**

Bei dem Tier handelte es sich um eine blau-gelbe Ente mit keiner bzw. ganz kleiner Haube, die nur aus ein paar seitlich herausstehenden Federn bestand. Beim Einsetzen in die Arena stützte sie sich einmal kurz mit beiden Flügeln und dem Schnabel ab, stand dann aber sofort fest und ohne Schwanken. Sie begann zuerst mit dem Versuch, die Maske durch starkes Kopfschütteln und -reiben abzustreifen. Dabei musste sie sich nur beim ersten Mal einmal mit dem linken Flügel abstützen. Nach 30 Sekunden begann sie sich längere Zeit am Stück zu kratzen, was sie von nun an, genau wie die Abreibungsversuche, häufig wiederholte. Sie zeigte sich von Anfang an sehr agil, drehte sich und begann schließlich trotz Maske, herumzulaufen. Dabei lief sie mit vorgestrecktem, niedriggehaltenem Kopf sehr sicher und ohne zu schwanken. Mehrmaliges Aufplustern erfolgte ohne Probleme. Nachdem sie einmal auf den Rücken gelegt wurde (nach 4min 10s) kam sie sofort ohne Probleme wieder auf die

Beine. Danach blieb sie den Rest der Zeit trotz einmaligen Anstupsens ruhig auf einem Fleck stehen und probierte sich auch nicht mehr der Maske zu entledigen.

### III

Bei dem Tier handelte es sich um eine weiße Ente mit kleiner Haube. Beim Einsetzen in die Arena stützte sie sich mit beiden Flügeln und dem Schnabel ab. Sie begann sofort und von da an immer wieder abwechselnd ein Bein hochzuheben, um sich möglichst die Maske herunterzukratzen. Dabei musste sie den Fuß immer wieder direkt, ohne den Kopf berührt zu haben, absetzen, da sie sonst umgefallen wäre. Sie schaffte es selbst nach vielen Versuchen nur für ganz kurze Zeit, sich am Kopf zu kratzen. Dabei musste sie sich meist mit einem Flügel abstützen und fiel auch oft nach vorne. Ein Aufplustern gelang ohne Probleme. Nach zwei Minuten ging sie dazu über, sich vermehrt den Kopf am Rücken zu reiben und die Kratzversuche nahmen ab. Schließlich blieb sie ruhig bis zum Ende der Experimentalzeit auf einer Stelle stehen.

Aus der Rückenlageposition, in die sie einmal durch den Experimentator gebracht wurde (nach 3min 10s), kam sie sofort wieder auf die Füße, allerdings schwankte sie danach zweimal nach rechts und links und fiel einmal fast auf die Seite, bevor sie wieder ruhig und sicher stand.

### IV

Bei dem Tier handelte es sich um eine wildfarbige Ente ohne Haube, bei der lediglich ein paar Federn am Hinterkopf leicht aufgerichtet waren. Beim Einsetzen in die Arena stützte sie sich kurz mit beiden Flügeln ab und begann dann sofort in halb liegender Stellung den Kopf zu schütteln. Beim ersten Kratzversuch berührte sie nur kurz den Kopf, dann musste der Fuß direkt wieder abgesetzt werden. Sie probierte sich der Maske meist durch Kopfschütteln und – reiben zu entledigen und bewegte sich dabei oft ein paar Schritte rückwärts vor oder legte sich dazu hin. Ein Aufplustern war ohne Probleme möglich. Nach einiger Zeit gelang es ihr auch, sich längere Zeit am Kopf zu kratzen. Zwischendurch bewegte sie sich mit vorgestrecktem Kopf und leicht schwankend ein paar Schritte vorwärts. Nach zwei Minuten legte sie sich ruhig hin. Das Umdrehen aus der Rückenlage erfolgte problemlos, nach einmaligem Abstützen mit dem Flügel stand die Ente wieder sicher auf den Beinen. Danach legte sie sich wieder bis zum Ende der Versuchszeit hin und war selbst durch Anstupsen nur zu ein paar, allerdings recht sicheren Schritten zu bewegen.

### V

Bei dem Tier handelt es sich um eine weiße Ente mit mittelgroßer Haube. Beim Einsetzen in die Arena stützte sie sich mit beiden Flügeln ab, begann sofort sich am Kopf zu kratzen und

fiel dabei fast auf die Seite. Sie nahm beim Kratzen fast eine liegende Position ein. Bei den folgenden Kratzversuchen musste sie sich fast immer mit einem Flügel abstützen, schaffte aber zwischendurch auch mal längere Kratzsequenzen. Die Ente blieb fast die ganze Zeit auf einem Fleck stehen und probierte unermüdlich, sich abwechselnd mit jedem Bein die Maske vom Kopf zu kratzen. Aufplustern und Umdrehen aus der Rückenlage erfolgten problemlos. Nach 3 ½ min hörte die Ente mit den Kratzversuchen auf und blieb ruhig auf einer Stelle stehen.

#### VI

Bei dem Tier handelte es sich um einen blau-gelben Erpel mit braunem Latz und großer Haube. Das Tier stützte sich beim Einsetzen in die Arena mit einem Flügel ab, stand dann aber direkt wieder sicher und aufgerichtet. Schon die ersten Versuche, sich am Kopf zu kratzen waren erfolgreich und das Tier kratzte sich oft und lange. Dabei benutzte es anfangs meist den rechten Fuß, später abwechselnd beide Füße. Beim Umdrehen aus der Rückenlage erwies es sich als sehr schnell und gebrauchte zum Ausbalancieren kaum die Flügel. Nach drei Minuten reduzierten sich die Kratzversuche immer mehr und schließlich blieb es den Rest der Versuchszeit ruhig auf einer Stelle stehen.

#### VII

Bei dem Tier handelte es sich um einen weißen Erpel mit mittelgroßer, schief auf der rechten Seite sitzender Haube. Beim Einsetzen in die Arena stützte es sich kurz mit beiden Flügeln ab und versuchte sich direkt am Kopf zu kratzen. Dies gelang ihm aber erst nach mehreren Versuchen und auch nicht für längere Zeit. Die nächsten Kratzversuche wurden sicherer, jedoch fiel das Tier anfangs häufiger fast auf die Seite und musste sich mit einem Flügel abstützen. Aufplustern erfolgte problemlos und auch das Aufstehen aus der Rückenlage gelang schnell. Allerdings schwankte das Tier danach ein paar Mal stark und musste sich mit einem Flügel abstützen, bis es wieder voll ausbalanciert war. Nach ungefähr drei Minuten verringerten sich die Kratzversuche und das Tier begann vermehrt, sich den Kopf am Rücken zu reiben. Nach 3 ½ min begann es schließlich mit vorgestreckten Kopf im Kreis herumzulaufen, was auch keine Probleme bereitete.

#### VIII

Bei dem Tier handelte es sich um einen silber-wildfarbigen Erpel mit mittelgroßer Haube. Das Tier stützte sich beim Einsetzen in die Arena mit beiden Flügeln ab und begann direkt in fast liegender Position ein paar Schritte nach vorne zu robben. Die darauf folgenden Kratzversuche waren trotz sehr flacher Körperhaltung unsicher, stark schwankend und erreichten nicht oder nur kurz den Kopf. Häufig mussten Flügel und/oder Schwanz zum

Abstützen zur Hilfe genommen werden. Bei aufgerichteter Körperhaltung schwankte das Tier noch stärker bei den Kratzversuchen und kippte bisweilen sogar ein Stück nach hinten. Nach ca. 1min 40s wurden die Kratzversuche etwas sicherer und ruhiger. Es fiel allerdings auf, dass das Tier, wenn es schwankte meist nach hinten und nicht zur Seite schwankte. Nach 2min 10s legte es sich ruhig hin. Auch nach dem problemlosen Aufstehen aus der Rückenlage legte es sich sofort wieder tatenlos hin, wobei es sich sogar mit dem Schnabel auf dem Boden aufstützte.

#### IX

Bei dem Tier handelte es sich um einen silber-wildfarbigen Erpel mit großer Haube. Beim Einsetzen in die Arena stützte sich das Tier sich nur mit dem Schwanz ab und begann dann sofort, sich in flacher Körperposition zu kratzen. Dabei musste es sich meist mit dem Schwanz abstützen, kippte bisweilen nach vorne und bewegte sich auch immer schrittchenweise durch die Arena. Nach einiger Zeit wurde das Tier sicherer und die Kratzsequenzen länger. Schließlich kratzte es sich ruhig und sicher aus aufgerichteter Haltung abwechselnd mit beiden Beinen. Aus der Rückenlage drehte es sich stark flatternd schnell um und blieb dann erst einmal ruhig liegen. Nach dem Aufsetzen durch den Experimentator lief das Tier ein paar Schritte sicher geradeaus und blieb dann, sich zwischendurch ruhig kratzend, an einer Stelle stehen.

#### X

Bei dem Tier handelte es sich um einen schwarzen Erpel mit mittelgroßer Haube. Beim Einsetzen in die Arena stützte sich das Tier nur mit dem Schwanz ab, schwankte ein paar Mal und begann schließlich, sich den Kopf am Rücken zu reiben. Anfangs schaffte es nicht, mit dem Fuß bis an den Kopf zu kommen, so dass es sich kratzen konnte. Nach kurzer Zeit gelang das dann mit dem linken Fuß gut und für längere Zeit, mit dem rechten Fuß war das Ganze unsicherer und erst später erfolgreicher. Ein Aufplustern war ohne Probleme möglich. Generell bewegte sich das Tier zwischendurch immer mal ein paar Schritte und rieb sich auch sehr häufig den Kopf am Rücken. Das Aufstehen aus der Rückenlage erfolgte rasch, ruhig und problemlos. Lediglich einmal wurden ein Flügel und der Schwanz auf dem Boden abgestützt. Danach begann das Tier ruhig und sicher stetig im Kreis in der Arena herumzulaufen.

#### XI

Bei dem Tier handelte es sich um einen schwarz-weiß gescheckten Erpel mit großer Haube. Beim Einsetzen in die Arena fiel das Tier fast auf die linke Seite, stützte sich mit den Flügeln ab und blieb dann erst einmal liegen. Auch die ersten Kratzversuche erfolgten im Liegen.

Daraufhin setzte es sich mit vorgestrecktem Kopf langsam in Bewegung und blieb zwischendurch nur stehen, um sich den Kopf am Rücken zu reiben, oder sich zu kratzen. Das Kratzen gelang recht sicher, lediglich ab und zu kippte das Tier etwas zur Seite oder nach hinten. Nach ca. 3 ½ min blieb das Tier stehen und probierte permanent, sich die Maske vom Kopf zu kratzen oder zu reiben. Nach dem Legen auf den Rücken verharrte es kurz und rollte dann problemlos wieder auf die Füße. Dabei kippte es noch einmal auf die Seite, stützte sich jedoch nicht mit dem Flügel ab.

## XII

Bei dem Tier handelte es sich um eine schwarz-weiß gescheckte Ente mit großer Haube. Beim Einsetzen in die Arena stützte sie sich mit beiden Flügeln und dem Schwanz ab, stand dann aber recht schnell wieder sicher auf den Beinen und begann, sich zu kratzen. Das Kratzen gelang ausdauernd und sicher mit beiden Beinen. Nur gelegentlich schwankte das Tier. Nach einiger Zeit permanenten Kratzens und Reibens bewegte es sich zwischendurch auch mal ein paar Schritte problemlos fort. Nach 3 min wurden die Kratzversuche weniger und das Reiben und Fortbewegen mehr. Das Umdrehen aus der Rückenlage erfolgte schnell. Das Tier kippte danach noch einmal auf die linke Seite, dann stand es wieder sicher. Den Rest der Zeit stand es ruhig da.



## **Stichwortartige Präparationsprotokolle der ungeschlüpften Küken**

(das Datum bezieht sich auf den Tag, an dem das Ei gelegt wurde):

**2004**

### **Charge 1:**

Die Küken wurden komplett in Bodian-Lösung eingelegt.

Gehege I:

2.4.: kleiner Embryo mit geschlossener Schädelaufwölbung; Embryo noch nicht schlupfreif

4.4.: schlupfreifer Embryo, Schnabel noch nicht in Luftkammer eingedrungen

5.5.: nur Dotter mit ganz kleinem, früh abgestorbenem Keim sichtbar

Gehege II:

4.4.: Schnabel kurz vor Eindringen in die Luftkammer; Schädel unauffällig

6.4.: Schnabel bis in die Luftkammer vorgestoßen; offener Schädel

8.4.: Schnabel bis in die Luftkammer vorgestoßen; offener Schädel mit großer Encephalozele  
o.ä. > Embryo klemmte damit im Ei

9.4.: Schnabel noch nicht in Luftkammer eingedrungen; gerade Luftkammer; Lage normal;  
geschlossene Schädelaufwölbung

10.4.: falsche Lage im Ei; Schädel unauffällig

11.4.: Schnabel noch nicht in Luftkammer eingedrungen; Lage normal; Schädel unauffällig

Gehege III:

9.4.: Schnabel schon in Luftkammer eingedrungen; Schädel unauffällig

10.4.: Schnabel noch nicht in Luftkammer eingedrungen; Lage normal; Schädel unauffällig

11.4.: Schnabel noch nicht in Luftkammer eingedrungen; Lage normal; Schädel unauffällig

### **Charge 2:**

Luftkammer wird nachfolgend mit LK abgekürzt, die abgestorbenen Embryonen wurden auf Extremitätenanomalien untersucht und anschließend decapitiert; nur die Schädel wurden in Bodianlösung eingelegt.

Gehege I:

- keine befruchteten Eier in diesem Zeitraum vorhanden gewesen

Gehege II:

12.4.: Schnabel schon in LK eingedrungen; Lage normal; leichte Schädelaufwölbung; sehr nass und feucht zwischen Amnion und Eihaut

13.4.: Schnabel schon in LK eingedrungen und kurz vor der Schale; Lage normal; Schädel unauffällig

14.4.: Schnabel noch nicht in LK eingedrungen; gerade LK; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; offener Schädel, leichte Oberschnabelverkürzung

15.4.: Schnabel noch nicht in LK eingedrungen; gerade LK; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; Schädel unauffällig

17.5.: Schnabel noch nicht in LK; LK schräg; Lage normal; Schädel unauffällig

18.4.: kleiner, früh abgestorbener Embryo; Schädel unauffällig

19.4.: Schnabel noch nicht in LK eingedrungen; LK schräg; Lage normal; Schädel unauffällig; sehr feucht

20.4.: Schnabel noch nicht in LK eingedrungen; gerade LK; Fehllage; leichte Schädelaufwölbung

21.4.: Schnabel noch nicht in LK eingedrungen; LK leicht schräg; Lage normal; Schädel unauffällig

GehegeIII:

12.4.: Schnabel schon in LK eingedrungen; Schale angepickt aber Eihaut noch intakt; Schädel unauffällig

13.4.: Schnabel noch nicht in LK; LK schräg; Fehllage; starke, geschlossene Schädelaufwölbung

15.4.: Schnabel kurz vor LK; LK schräg; Schädel offen mit großer Encephalozele o.ä.; verkürzter Oberschnabel

16.4.: bereits im Keimstadium abgestorben

17.4.: Schnabel noch nicht in LK; LK schräg; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; Schädel unauffällig

18.4.: Schnabel schon in LK; LK schräg aber feucht; Schädel unauffällig

19.4.: Schnabel noch nicht in LK; LK schräg; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; Schädel unauffällig

20.4.: Schnabel nicht in LK; LK schräg; Fehllage: Embryo lag quer im Ei; leichte Schädelaufwölbung

21.4.: gerade LK; Embryo noch nicht schlupfreif mit Schädelaufwölbung; Eiinneres sehr feucht

**Charge 3:**

Gehege I:

25.4.: Schale kreisrund angepickt; keine LK mehr sichtbar; Lage normal; leichte Schädelaufwölbung

30.4.: Schnabel noch nicht in LK; LK nur leicht schräg; Lage falsch?; Schädel unauffällig

## Gehege II:

22.4.: Schnabel noch nicht in LK; LK schräg aber recht klein; Lage normal; offener, blutiger Schädel

23.4.: Schnabel nicht in LK; so gut wie keine LK erkennbar; Lage normal; große, geschlossene Schädelaufwölbung

25.4.: Schnabel nicht in LK; LK schräg; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; offener, blutiger Schädel

26.4.: Schale an einer Stelle angebrochen (nicht am Schnabel); keine LK mehr erkennbar; Schädel unauffällig

29.4.: Schnabel nicht in LK; gerade LK; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; Schädel unauffällig

30.4.: Schnabel nicht in LK; LK schräg; Fehllage; Schnabel am richtigen Ende, aber auf der falschen Seite; leicht offener Schädel; komische Kopfform > Wulst in Kinnregion?

1.5.: Schnabel kurz vor dem Eindringen in die LK; LK schräg; Schädel unauffällig; Eiinneres sehr feucht

## Gehege III:

24.4.: Schnabel nicht in LK; LK schräg; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; Schädel unauffällig

25.4.: Schnabel kurz vor Eindringen in LK; LK schräg; leichte geschlossene Schädelaufwölbung

26.4.: Schnabel schon in LK, kurz vor Anpicken der Schale; LK schräg, recht klein; leichte, geschlossene Schädelaufwölbung

27.4.: Schnabel nicht in LK; LK schräg; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; geschlossenen Schädelaufwölbung; verkürzter Oberschnabel?

28.4.: Schnabel nicht in LK; LK nur leicht schräg und recht klein; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; zwei offene Schädelaufwölbungen, sehr langes Fußrudiment mit einer Krallen am Hinterkopf inserierend > über zwei Stränge mit Dottersack verbunden; Oberschnabelverkürzung?

30.4.: Schnabel nicht in LK; LK gerade; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; sehr große, geschlossene Schädelaufwölbung

1.5.: Schnabel kurz vor Eindringen in LK; LK nur leicht schräg; leichte Schädelaufwölbung?

2.5.: Schnabel in LK, kurz vor Anpicken der Schale; LK sehr klein und nur leicht schräg; leichte Schädelaufwölbung

3.5.: Schnabel nicht in LK; LK schräg; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; leichte Schädelaufwölbung

#### **Charge 4**

Gehege I:

5.5.: Schale angebrochen (mit Fuß?), Eihaut noch intakt; Schnabel nicht in LK; LK gerade; offener Schädel

6.5.: Schnabel nicht in LK; LK schräg, recht groß; Fehllage: Kopf komplett unter den Füßen gelegen; offener Schädel; Schiefhals oder deformierter Hals; Eiinneres sehr feucht

8.5.: Schnabel nicht in LK; LK schräg; Fehllage: Schnabel unter Dottersack; große, geschlossene Schädelaufwölbung; Eiinneres sehr feucht

9.5.: Schnabel nicht in LK; LK gerade; Lage komisch; leichte, geschlossene Schädelaufwölbung

13.5.: LK macht Hälfte des Eies aus; Embryo schon ganz früh abgestorben; Dotter total zäh; nur Blutgefäße und Zellklumpen erkennbar

Gehege II:

5.5.: Schnabel nicht in LK; LK gerade; Embryo noch recht klein; Lage normal; offener, blutiger Schädel; Oberschnabel fehlt; kleiner Fortsatz mit Krallen am Hinterkopf inserierend

7.5.: Schnabel nicht in LK; LK gerade; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; offener, blutiger Schädel

10.5.: LK schräg; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; offener, blutiger Schädel

12.5.: LK gerade und sehr klein; Embryo recht früh abgestorben; Fehllage?; Schädel unauffällig soweit beurteilbar

13.5.: Küken geschlüpft, bzw. bei Durchtrennen der Eihaut geholfen; kurz darauf verstorben; Schale war innen blutig; leichte Schädelaufwölbung

Gehege III:

4.5.: LK gerade; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; offener Schädel

5.5.: LK gerade; Embryo ganz früh abgestorben; nur geronnenes Blut erkennbar

6.5.: Schnabel kurz vor LK; LK schräg, aber recht klein; starke, geschlossene Schädelaufwölbung

7.5.: LK schräg; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; offener, blutiger Schädel mit starker Encephalozele o.ä.; verkürzter Oberschnabel

10.5.: LK schräg; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; Schädel unauffällig

11.5.: Schale angepickt, Schnabel schaut schon heraus; Schädel unauffällig

13.5.: Schale angepickt; leichte Schädelaufwölbung

## **Charge 5**

### **Gehege I:**

24.5.: LK schräg aber riesig; Embryo noch sehr klein, in komischer Lage; seitlich offener Schädel, Fettkörper hinten sichtbar

### **Gehege II:**

16.5.: LK schräg; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; offener Schädel

17.5.: LK schräg aber recht groß; Fehllage: Schnabel liegt am richtigen Ende aber auf der falschen Seite eher mittig; offener Schädel; leicht verkürzter Oberschnabel

18.5.: LK schräg; Fehllage; richtiges Eiende, falsche Seite; offener Schädel;

19.5.: Schnabel in LK kurz vor Schale; keine LK mehr erkennbar; offener, stark blutiger Schädel; Eiinneres blutig

21.5.: Schale angepickt, Eihaut noch intakt; geschlossene Schädelaufwölbung

### **Gehege III:**

14.5.: Ei sehr rund, keine LK erkennbar; Eiinneres sehr feucht; Lage?; starke, geschlossene Schädelaufwölbung

16.5.: LK schräg; Fehllage: Schnabel komplett unter den Füßen, Lage sonst normal; offener, blutiger Schädel

17.5.: LK schräg; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; starke Schädelaufwölbung, seitlich offen und blutig

18.5.: LK schräg und riesig; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; offener Schädel mit sichtbarem Fettkörper

19.5.: LK schräg; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; starke, geschlossene Schädelaufwölbung

20.5.: Schnabel nicht in LK; LK schräg; Fehllage: Kopf am richtigen Eiende, aber falsche Seite; offener Schädel mit sichtbarem Fettkörper und Knochenspanne oder Knochenzubildung

23.5.: Schnabel nicht in LK; LK schräg; Fehllage: richtiges Ende, falsche Seite; geschlossene Schädelaufwölbung

24.5.: LK schräg; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; riesige Meningozele

## **Charge 6**

### **Gehege I:**

2.6.: nur ganz kleine, gerade LK erkennbar; Embryo ganz früh abgestorben; kein Foto!

Ein geschlüpftes Küken stirbt nach zwei Tagen aus unbekannter Ursache

### **Gehege II:**

30.5.: LK gerade, Schnabel nicht in LK; früh abgestorbener Embryo ohne Oberschnabel; Lage normal; stark deformierter, offener Schädel

Gehege III:

26.5.: gerade LK; Embryo ganz früh abgestorben; nur Zellhaufen erkennbar; kein Foto!

30.5.: Schnabel kurz vor dem Eindringen in die LK; LK schräg; Lage normal; offener Schädel

3.6.: LK leicht schräg; Fehllage: Kopf am spitzen Eiende; starke, geschlossene

Schädelaufwölbung

### **Charge 7**

Gehege I:

4.6.: LK schräg, Schnabel nicht in LK; Embryo schon früh abgestorben, Eiinhalt

dementsprechend sehr feucht; Schädel unauffällig; Vorsicht! Liegt mit Schild „III 4.6.“ in Bodian

6.6.: gerade LK; Embryo ganz früh abgestorben; nur Zellhaufen erkennbar; kein Foto!

7.6.: LK schräg, Schnabel nicht in LK; Fehllage: evtl. Schnabel am richtigen Ende aber auf der falschen Seite (nicht sicher); deformierter/schiefer Schädel mit Fußrudiment am Hinterkopf, dieses über Strang/Schnur mit Dottersack verbunden > Verursacher der Fehllage (Kopf wurde dadurch nach hinten gezogen)?

Gehege II:

6.6.: LK leicht schräg, Schnabel nicht in LK; Fehllage: Schnabel am spitzen Eiende und noch unter den Füßen; Schädel mit geschlossener Aufwölbung

Gehege III:

4.6.: LK schräg, Schnabel nicht in LK; Eiinhalt sehr feucht; Fehllage: Schnabel am spitzen Eiende; Schädel leicht offen mit sichtbarem Fettkörper

8.6.: LK schräg, Schnabel nicht in LK; Fehllage: Schnabel am spitzen Eiende; starke, geschlossene Schädelaufwölbung

9.6.: Schale kreisförmig angepickt, Eihaut aber noch intakt; Lage normal; Schädel unauffällig

12.6.: LK schräg, Schnabel schon in LK eingedrungen; Lage normal; Schädel offen und blutig mit sichtbarem Fettkörper

### **Charge 8**

Gehege II:

24.6.: LK sehr seitlich und oben recht klein, Schnabel nicht in LK; Fehllage: Schnabel am spitzen Eiende; offener Schädel

Gehege III:

17.6.: LK schräg, Schnabel nicht in LK; Fehllage: Schnabel am spitzen Eiende; offener Schädel mit Fußrudiment am Hinterkopf, verkürzter Oberschnabel

19.6.: LK sehr groß und schräg, Schnabel nicht in LK; Fehllage: Schnabel am spitzen Eiende; sehr große, nur teilweise offene Schädelaufwölbung

20.6.: LK schräg, Schnabel nicht in LK; Fehllage: Schnabel am spitzen Eiende; nur leichte, geschlossene Schädelaufwölbung

23.6.: LK schräg, Schnabel nicht in LK; Fehllage: richtiges Eiende, aber falsche Seite; Schädel extrem gewinkelt, Schiefhals?, geschlossene Schädelaufwölbung

## **2005**

### **Charge 1**

Gehege II:

18.4.: LK gerade; Schnabel nicht in LK; zwei Köpfe, offene Schädel, zwei Schnäbel mit Oberschnabelhypoplasien

### **Charge 2**

Gehege I:

21.4.: LK schräg; Schnabel nicht in LK; große, geschlossene Schädelaufwölbung mit spitzer Ausbuchtung (Knochenzapfen?); Lage verkehrt herum

22.4.: LK recht gerade; Schnabel nicht in LK; mittelgroße, geschlossene Schädelaufwölbung; Lage verkehrt herum; Eihaut klebte an Küken fest, alles sehr feucht

24.4.: LK schräg; Schnabel nicht in LK; offener Schädel mit Encephalozele; Lage verkehrt herum

Gehege II:

24.4.: fast keine LK erkennbar; Schädel offen und blutig (mit Fettkörper?); Lage nicht erkennbar gewesen (wahrscheinlich verkehrt herum)

Gehege IV:

23.4.: Eischale mit Fuß etwas aufgesprengt (Schnabel lag noch unter Fuß); LK schräg, aber ohne Schnabel; Lage normal; Schädel augenscheinlich unauffällig

27.4.: LK schräg; Schnabel nicht in LK; geschlossene Schädelaufwölbung mit Fußrudiment am Hinterkopf (mit Krallen); Lage verkehrt herum

Gehege V:

27.4.: LK gerade; Schnabel nicht in LK, aber kurz davor; Lage somit normal; riesige Meningocele, alles sehr feucht

28.4.: LK schräg; Schnabel nicht in LK; leichte, geschlossene Schädelaufwölbung; Lage verkehrt herum



### **Charge 3**

Gehege II:

9.5.: Ei angepickt, bzw. schon großes Loch aufgepickt mit herausragendem Schnabel; Schädel  
Unauffällig

**Vorsicht: Liegt mit Schild „Charge 3, Gehege III, 1.5.“ im Eimer**

Gehege III:

1.5.: LK schräg und sehr groß; Schnabel nicht in LK; offener, blutiger Schädel; Lage nicht  
normal, aber nicht genau erkennbar gewesen (zu weit unten?, LK falsch?)

### **Charge 4**

Charge 4 bestand nur aus drei Zwergenteneiern, die alle geschlüpft sind

### **Charge 5**

Gehege III:

21.5.: LK schräg; Schnabel nicht in LK; Küken lebte auch am 32. Tag noch! Viel Blut beim  
Öffnen des Eies sichtbar; Dottersack draußen; große, weiche und kahle (offene?)  
Schädelaufwölbung

24.5.: LK schräg; Schnabel nicht in LK; offener Schädel; Lage verkehrt herum

27.5.: LK nicht ganz schräg; Schnabel nicht in LK; große, offene Schädelaufwölbung; Lage  
verkehrt herum

30.5.: Ei angepickt, Schnabel auch schon draußen; Schädel unauffällig

### **Charge 6**

Gehege III:

4.6.: LK schräg; Schnabel nicht in LK; offener Schädel, linksseitig mit Knochenzapfen;  
Oberschnabelhypoplasie; Lage verkehrt herum

5.6.: LK schräg; Schnabel nicht in LK; offener Schädel (kleine Stelle); Lage verkehrt herum

6.6.: LK schräg; Schnabel nicht in LK; offener Schädel; Lage verkehrt herum

9.6.: LK sehr klein, aber schräg; Schnabel in LK, Lage somit normal; riesige Meningozele

### **Charge 7**

Gehege III:

11.6.: LK schräg, Schnabel in LK; offener Schädel mit großer Encephalozele

18.6.: LK gerade, Schnabel nicht in LK; Embryo nicht voll ausgewachsen; Lage normal;  
Schädel unauffällig

19.6.: LK recht gerade, Schnabel nicht in LK; offener Schädel mit riesiger Encephalozele und  
Fettkörper; Lage verkehrt herum; leichte Oberschnabelhypoplasie

20.6.: LK gerade, Schnabel nicht in LK; offener Schädel mit Encephalozele; Lage verkehrt

herum

21.6.: LK recht gerade, Schnabel nicht in LK; offener Schädel mit Encephalozele; Lage verkehrt herum

22.6.: Fast keine LK erkennbar; offener Schädel mit riesiger Encephalozele und Fettkörper; Lage verkehrt herum

23.6.: Küken lebte noch! Fast keine LK erkennbar; offener Schädel mit Encephalozele und Oberschnabelhypoplasie; Lage verkehrt herum

## **2006**

### **Charge 1**

Gehege I:

16.4.: LK ok; Schnabel nicht in LK; Lage ganz ok, Kopf irgendwie zw. den Flügeln versteckt; Leichte, geschlossene Schädelaufwölbung, hinten kleines Loch?

Gehege II:

15.4.: LK ok, Schnabel in LK; große, offene, blutige Schädelaufwölbung

25.4.: LK ziemlich gerade, Schnabel nicht in LK; Lage verkehrt herum: Schädel phänotypisch ganz ok

Gehege III:

23.4.: LK ok, Schnabel nicht in LK aber kurz davor; offene, blasse Schädelaufwölbung evtl. mit kleinem sichtbaren Fettkörper

### **Charge 2**

Gehege I:

28.4.: LK ok, Schnabel in LK; offener blutiger Schädel/Encephalozele

### **Charge 3**

Gehege I:

7.5.: Kaum LK sichtbar; Lage komplett verkehrt herum; leichte Schädelaufwölbung, aber nicht ganz offen (mit ein paar Federchen)

## Hirndaten

(Angaben der Strukturen in mm<sup>3</sup>, Abkürzungen siehe 2.6.2.3.)

### Landenten

| Tier                           | Körpergewicht (g) | Gesamthirn (mm <sup>3</sup> ) | Nettohirn | Telencephalon | C      | D      | Tg     | Tc     | Hi     | N       |
|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| D16 04 DZ 834                  | 1965              | 5333                          | 4960,81   | 3029,97       | 625,65 | 283,63 | 712,75 | 245,88 | 68,23  | 1425,4  |
| D16 04 DZ 803                  | 2215              | 8490,4                        | 5513,26   | 3453,53       | 657,4  | 329,3  | 773,17 | 241,36 | 109,36 | 1580,6  |
| D16 04 DZ 828                  | 2270              | 6954,6                        | 4822,94   | 2911,18       | 609,35 | 263,1  | 728,62 | 248,15 | 64,24  | 1399,4  |
| D16 04 DZ 824                  | 2300              | 7348,5                        | 5075,93   | 3214,45       | 621,01 | 275,12 | 661,97 | 244,09 | 71,61  | 1465    |
| D16 04 DZ 830                  | 2375              | 9547,3                        | 5058,04   | 3251,18       | 541,93 | 304,18 | 644,56 | 252,23 | 54,7   | 1546,9  |
| Elisabeth                      | 1885              | 7289,6                        | 4648,35   | 2976,17       | 520,7  | 230,89 | 647,08 | 214,06 | 82,83  | 1402,7  |
| D16 04 DZ 838                  | 2740              | 6019,3                        | 5671,1    | 3574,46       | 688,37 | 314,19 | 761,36 | 268,36 | 75,24  | 1709,99 |
| D16 04 DZ 849                  | 2585              | 8055,1                        | 4738,2    | 2956,32       | 546,97 | 268,99 | 696,74 | 207,11 | 67,77  | 1309,4  |
| Emma                           | 2475              | 6705,6                        | 4928,19   | 3283,51       | 556,04 | 282,89 | 576,07 | 178,98 | 70,02  | 1531,74 |
| Dagobert                       | 2250              | 5111                          | 4995,23   | 3173,25       | 571,16 | 264,38 | 660,7  | 259,79 | 60,52  | 1497,79 |
| D16 04 DZ 850                  | 2000              | 7089                          | 5250,31   | 3376,35       | 598,72 | 314,27 | 654,19 | 222,93 | 83,68  | 1517,22 |
| Dick                           | 2450              | 6783                          | 5711,97   | 3869,53       | 572,93 | 288,57 | 681,75 | 221,94 | 90,59  | 1811,53 |
| D16 04 DZ 837                  | 2400              | 7525                          | 6108,78   | 3967,54       | 660,77 | 384,57 | 750,42 | 262,57 | 105,25 | 1886,09 |
| Marlon Brando                  | 1825              | 5673                          | 5541,74   | 3502,46       | 620,1  | 296,23 | 783,55 | 242,68 | 72,37  | 1600,35 |
| Daniel D <sup>3</sup> sentrieb | 2550              | 6972                          | 5775,9    | 3865,26       | 607,2  | 303,49 | 704,68 | 215,37 | 85,47  | 1824,52 |
| D16 04 BE 900                  | 2235              | 7078                          | 6536,24   | 4533,78       | 641,22 | 327,85 | 715,77 | 227,73 | 77,95  | 2152,21 |
| D16 04 DZ 842                  | 2140              | 8060                          | 5664,38   | 3691,58       | 630,09 | 323,84 | 710,8  | 227,63 | 97,15  | 1771,75 |
| D16 04 CD 216                  | 2155              | 5860                          | 5495,87   | 3855,65       | 460,56 | 282,47 | 616,39 | 215,72 | 61,4   | 1911,56 |
| Zorro                          | 1725              | 6228                          | 5775,86   | 3945,7        | 640,46 | 246,14 | 668,38 | 209,45 | 103,27 | 1845,95 |
| AJ                             | 2120              | 5586                          | 5437,71   | 3622,59       | 657,64 | 260,54 | 617,34 | 209,39 | 80,88  | 1624,22 |
| D16 04 DU 947                  | 2960              | 7527                          | 5876,26   | 3879,69       | 668,35 | 301,67 | 724,17 | 223,7  | 88,73  | 1811,25 |
| D16 04 DU 944                  | 2830              | 5439                          | 4912,15   | 3220,83       | 498,1  | 273,41 | 645,18 | 212,54 | 50,64  | 1484,85 |
| D16 04 DZ 836                  | 2215              | 5943                          | 5152,38   | 3219,89       | 596,96 | 289,32 | 709,61 | 261,6  | 64,43  | 1548,92 |
| D16 04 DU 939                  | 2540              | 6805                          | 5476,95   | 3500,86       | 633,77 | 292,74 | 759,52 | 217,96 | 72,45  | 1649,54 |
| D16 04 DU 932                  | 2290              | 7745                          | 5633,45   | 3713,69       | 615,43 | 307,08 | 697,75 | 228,33 | 89,07  | 1709,51 |
| D16 04 DZ 831                  | 2330              | 7060                          | 5761,86   | 3708,73       | 704,37 | 302,22 | 716,02 | 258,05 | 101,56 | 1695    |

Landenten Fortsetzung

| Tier                           | TrO   | Ha     | Hd     | M      | GP/StL | B     | Prp   | S     |
|--------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| D16 04 DZ 834                  | 62,93 | 400,53 | 170,11 | 479,49 | 409,64 | 26,38 | 14,49 | 35,7  |
| D16 04 DZ 803                  | 58,5  | 447,58 | 186,52 | 558,15 | 475,66 | 26,91 | 16,36 | 52,33 |
| D16 04 DZ 828                  | 62,54 | 335,63 | 146,17 | 473,65 | 419,59 | 29,08 | 12    | 31,45 |
| D16 04 DZ 824                  | 59,22 | 527,36 | 151,93 | 505,76 | 412,82 | 27,49 | 15,17 | 37,34 |
| D16 04 DZ 830                  | 63,96 | 506,18 | 166,06 | 502,39 | 403,74 | 24,45 | 14,82 | 31,95 |
| Elisabeth                      | 59,72 | 404,8  | 166,36 | 471,96 | 398,68 | 27,8  | 13,8  | 34,78 |
| D16 04 DZ 838                  | 64,36 | 557,61 | 152,6  | 533,18 | 452,38 | 24,2  | 18,18 | 47,48 |
| D16 04 DZ 849                  | 62,07 | 460,75 | 193,34 | 447,04 | 409,17 | 20,26 | 12,53 | 32,07 |
| Emma                           | 50,7  | 528,71 | 132,93 | 554,68 | 400,73 | 22,15 | 14,2  | 30,24 |
| Dagobert                       | 65,95 | 439,51 | 142,91 | 528,47 | 433,12 | 28,07 | 15,09 | 33,69 |
| D16 04 DZ 850                  | 83,85 | 521,84 | 146,28 | 535,64 | 494,98 | 28,1  | 16    | 32,64 |
| Dick                           | 77,25 | 543,44 | 177,83 | 598,95 | 568,16 | 29,69 | 16,04 | 34,89 |
| D16 04 DZ 837                  | 82,91 | 578,6  | 147,52 | 621,4  | 541,84 | 26,83 | 21,09 | 36,06 |
| Marlon Brando                  | 96,73 | 499,42 | 163,97 | 526,15 | 560,55 | 28,74 | 19,8  | 33,02 |
| Daniel D <sup>3</sup> sentrieb | 79,9  | 534,48 | 177,11 | 612,99 | 546,48 | 26,64 | 16,33 | 39,14 |
| D16 04 BE 900                  | 89,89 | 643,94 | 199,09 | 694,2  | 680,38 | 28,63 | 15,14 | 44,23 |
| D16 04 DZ 842                  | 80,44 | 587,57 | 127,7  | 545,69 | 487,83 | 31,98 | 18,46 | 26,8  |
| D16 04 CD 216                  | 65,08 | 556,55 | 159,23 | 585,47 | 527,53 | 23,1  | 13,93 | 26,28 |
| Zorro                          | 65,73 | 572,41 | 152,51 | 583,02 | 597,21 | 31,19 | 19,5  | 39,85 |
| AJ                             | 70,21 | 551,97 | 167,53 | 569,92 | 554,78 | 21,93 | 15,58 | 34,61 |
| D16 04 DU 947                  | 78,68 | 636,52 | 165,35 | 584,91 | 511,53 | 26,35 | 17,87 | 32,34 |
| D16 04 DU 944                  | 62,09 | 476,28 | 140,47 | 526,52 | 424,66 | 26,81 | 12,75 | 33,79 |
| D16 04 DZ 836                  | 75    | 481,58 | 128,4  | 492,79 | 429,52 | 29,76 | 14,11 | 34,15 |
| D16 04 DU 939                  | 72,1  | 517    | 175,99 | 531,27 | 470,96 | 26,34 | 22,69 | 38,05 |
| D16 04 DU 932                  | 71,17 | 594,47 | 149,14 | 583,23 | 499,39 |       | 21,07 | 45,37 |
| D16 04 DZ 831                  | 72,47 | 604,19 | 153,33 | 570,53 | 493,72 |       | 18,54 |       |

### Streicherenten

| Körpergewicht (g) | Gesamthirn (mm <sup>3</sup> ) | Nettohirn | Tel     | C      | D      | Tg     | Tc     | Hi    | N       |
|-------------------|-------------------------------|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| 2075              | 6219                          | 5946,89   | 4186,39 | 581,64 | 279,08 | 633,3  | 198    | 63,62 | 1951,73 |
| 2085              | 6703                          | 6537      | 4372,14 | 743,62 | 347,69 | 778,76 | 215,64 | 74,21 | 2084,07 |
| 1852              | 6642                          | 6554,03   | 4254,33 | 820    | 329,9  | 856,3  | 215,82 | 70,1  | 2029,61 |
| 1795              | 5777                          | 5602,62   | 3847,03 | 535,36 | 253,13 | 689,54 | 210,18 | 70,27 | 1809,72 |
| 2205              | 6189                          | 6055      | 4132,08 | 638,09 | 275,99 | 724,78 | 215,62 | 89,49 | 2037,52 |
| 1935              | 6040                          | 5923,39   | 3996,13 | 641,6  | 278,83 | 728,62 | 208,42 | 67,19 | 1889,51 |

| TrO   | Ha     | Hd     | M      | GP/StL | B     | Prp   | S     |
|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 68,48 | 696,96 | 182,94 | 665,74 | 544,52 | 32,32 | 16,3  | 32,26 |
| 79,15 | 694,64 | 198,94 | 659,13 | 555,69 | 39,19 | 20,99 | 45,28 |
| 77,68 | 680,17 | 182,28 | 662,97 | 538,21 | 39,4  | 17,58 | 34,01 |
| 64,38 | 686,59 | 139,9  | 562,91 | 511,64 | 23,07 | 9,79  | 33,14 |
| 68,44 | 665,42 | 154,55 | 591,91 | 509,14 | 33,63 | 13,64 | 36,78 |
| 69,79 | 639,46 | 164,22 | 609,93 | 541,82 | 34,71 | 14,76 | 34,53 |

### Hochbrutflugenten mit Haube (Standard)

| Körpergewicht (g) | Gesamthirn (mm <sup>3</sup> ) | Nettohirn | Tel     | C      | D      | Tg     | Tc     | Hi    | N       |
|-------------------|-------------------------------|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| 1275              | 5480,7                        | 5364,8    | 3579,5  | 610,34 | 295,5  | 595,46 | 213,13 | 72,56 | 1646,53 |
| 1430              | 5804                          | 5579,66   | 3662,2  | 640,64 | 298,7  | 663,15 | 248,24 | 55,86 | 1757,12 |
| 1255              | 5914                          | 4772,39   | 3145,97 | 450,85 | 273,04 | 687,67 | 175,98 | 40,84 | 1503,72 |
| 1108              | 6087                          | 5730,37   | 3905,1  | 620,86 | 297,02 | 625,47 | 216,57 | 59,97 | 1870,89 |

| TrO   | Ha     | Hd     | M      | GP/StL | B     | Prp   | S     |
|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 70,91 | 632,49 | 154,1  | 538,45 | 458,12 | 23,24 | 16,75 | 37,25 |
| 66,78 | 574,82 | 169,74 | 564,08 | 461,21 | 26,72 | 16,64 | 35,96 |
| 38,88 | 463,11 | 141,81 | 459,32 | 427,88 | 26,91 | 20,03 | 62,35 |

|       |        |        |       |        |      |       |       |
|-------|--------|--------|-------|--------|------|-------|-------|
| 65,36 | 615,71 | 151,91 | 598,2 | 522,08 | 25,5 | 14,74 | 46,06 |
|-------|--------|--------|-------|--------|------|-------|-------|

### Hochbrutflugenten glattköpfig

| KG (g) | Gesamthirn (mm³) | Nettohirn | Tel     | C     | D      | Tg     | Tc     | Hi    | N      |
|--------|------------------|-----------|---------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| 1030   | 4793,4           | 4619,9    | 3042,4  | 451,9 | 225,76 | 625,93 | 211,92 | 73,98 | 1445,5 |
| 980    | 4787,6           | 4641,2    | 3067,4  | 450,9 | 235,32 | 629,28 | 205,31 | 77,93 | 1503,4 |
| 1010   | 4781,8           | 4604,3    | 3092,9  | 447,7 | 220,26 | 592,71 | 194,43 | 74,11 | 1501,5 |
| 1040   | 4921,8           | 4821,9    | 3247,6  | 474,5 | 238,08 | 595,03 | 208,84 | 69,8  | 1567,6 |
| 1050   | 5114,8           | 4960,3    | 3272,6  | 542   | 244,78 | 620,47 | 215,56 | 73,15 | 1627,3 |
| 1030   | 5144,8           | 4987,6    | 3261,5  | 525,9 | 258,29 | 650,97 | 221,44 | 84,55 | 1590,9 |
| 1150   | 5097,5           | 4979,6    | 3194,1  | 568,3 | 250,25 | 665,97 | 234,16 | 79,21 | 1564,9 |
| 1000   | 4494,2           | 4396,1    | 2885,6  | 441,4 | 222,9  | 587,58 | 195,81 | 70,41 | 1402,4 |
| 960    | 4889,9           | 4772      | 3095,63 | 478,7 | 254,3  | 666,79 | 211,18 | 85,05 | 1444,2 |
| 1140   | 5100,4           | 5005,1    | 3237,9  | 517,9 | 256,36 | 693,51 | 226,55 | 79,48 | 1547,7 |

| Tractus opticus | Ha     | Hd     | M      | P      | B     | Prp   | S     |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 61,93           | 449,67 | 135,73 | 480,96 | 391,21 | 24,23 | 12,2  | 28,91 |
| 52,93           | 421,28 | 124,3  | 466,21 | 409,45 | 23,07 | 11,05 | 30,74 |
| 56,31           | 438,1  | 136,08 | 454,36 | 418,68 | 27,83 | 13,91 | 28,29 |
| 57,79           | 476,5  | 133,99 | 513,85 | 420,55 | 23,13 | 12,64 | 29,55 |
| 64,88           | 452,51 | 136,3  | 490,21 | 423,84 | 25,29 | 12,17 | 31,88 |
| 69,41           | 446,81 | 140,46 | 481,92 | 441,29 | 28,82 | 13,23 | 33,48 |
| 66,81           | 462,84 | 121,34 | 472,22 | 421,41 | 24,9  | 14,53 | 32,79 |
| 62,82           | 394,25 | 129,92 | 426,49 | 396,96 | 26,42 | 11,5  | 27,24 |
| 65,42           | 438,46 | 137,93 | 496,62 | 427,97 | 24,05 | 11,18 | 30,19 |
| 72,76           | 442,85 | 142,34 | 504,17 | 450,86 | 26,31 | 13,31 | 30,89 |

# Pommernenten

| KG (g) | Gesamthirn<br>(mm <sup>3</sup> ) | Nettohirn | Tel     | C     | D      | Tg     | Tc     | Hi    | N      |
|--------|----------------------------------|-----------|---------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| 2180   | 5889,9                           | 5639,5    | 3515,36 | 726,6 | 306,68 | 766,38 | 249,92 | 81,52 | 1678,7 |
| 2055   | 6072,4                           | 5800,6    | 3747,3  | 681,8 | 314,47 | 731,33 | 250,53 | 94,01 | 1688,6 |
| 2100   | 5224,9                           | 5027,1    | 3207,7  | 604,3 | 281,93 | 631,19 | 227,9  | 85,74 | 1492,9 |
| 2465   | 5704,6                           | 5514,9    | 3440,4  | 707,8 | 284,2  | 740,07 | 259,95 | 88,93 | 1657,7 |
| 2550   | 5862,9                           | 5638,6    | 3544,6  | 669,5 | 310,12 | 768,55 | 257,42 | 86,35 | 1570,7 |
| 2135   | 5985,5                           | 5757,5    | 3595,5  | 692,5 | 320,24 | 783,63 | 283,63 | 88,92 | 1667   |
| 2265   | 5876,4                           | 5622,4    | 3421,2  | 726   | 308,5  | 814,55 | 265,93 | 77,34 | 1640,5 |
| 2275   | 6415,1                           | 6162,6    | 3847,6  | 714,4 | 343,79 | 879,14 | 286,43 | 84,32 | 1739,6 |
| 2535   | 6113,9                           | 5874,9    | 3027,2  | 693,4 | 287,93 | 672,87 | 194,66 | 73,9  | 1719,9 |
| 1825   | 4997,1                           | 4849,9    | 3687,9  | 604,7 | 337,5  | 804,1  | 263,62 | 83,58 | 1371,2 |

| Tractus opticus | Ha     | Hd     | M      | P      | B     | Prp   | S     |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 74,6            | 531,27 | 140,64 | 529,44 | 469,32 | 34,25 | 13,66 | 36,59 |
| 75,15           | 495,89 | 192,62 | 631,03 | 549,23 | 38,94 | 17,29 | 39,7  |
| 74,1            | 483,07 | 131,31 | 492,65 | 440,05 | 32,09 | 16,15 | 33,71 |
| 82,46           | 515,56 | 143,71 | 496,55 | 457,3  | 30,54 | 13,62 | 36,43 |
| 88,35           | 554,69 | 166,07 | 573,34 | 496,6  | 39,7  | 17,13 | 39,98 |
| 82,1            | 552,67 | 151,71 | 562,06 | 486,21 | 31,99 | 16,07 | 38,85 |
| 86,16           | 484,49 | 163,06 | 514,55 | 458,7  | 31,04 | 13,53 | 37,96 |
| 91,23           | 562,52 | 186,86 | 649,37 | 536,21 | 30,98 | 16,26 | 41,52 |
| 62,55           | 497,8  | 123,9  | 441,42 | 435,4  | 32,51 | 15,43 | 35,58 |
| 88,31           | 525,27 | 171,18 | 579,19 | 517,21 | 34,36 | 17,34 | 39,91 |

### Hochbrutflugenten mit Haube (Teufelsmoor)

| KG (g) | Gesamthirn (mm³) | Nettohirn | Tel     | C      | D      | Tg     | Tc     | Hi    | N       |
|--------|------------------|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| 1060   | 6163,124         | 6007,5    | 3515,36 | 733,34 | 297,54 | 755,55 | 260,88 | 85,16 | 1855,12 |
| 1045   | 6281,86          | 6112,2    | 3747,3  | 553,51 | 273,18 | 677,2  | 232,3  | 96,81 | 2179,76 |
| 1000   | 5677,61          | 5459,1    | 3207,7  | 568,77 | 272,61 | 674,95 | 233,77 | 76,05 | 1766,58 |
| 895    | 5146,72          | 4960,5    | 3440,4  | 561,55 | 239,82 | 646,75 | 227,85 | 81,21 | 1527,05 |
| 1135   | 5521,24          | 5366,9    | 3544,6  | 535,23 | 260,96 | 680,85 | 203,49 | 80,2  | 1762,62 |
| 1040   | 6032,82          | 5841,1    | 3595,5  | 720,2  | 291,4  | 745,37 | 234,6  | 94,13 | 1768,81 |
| 1155   | 5291,51          | 5125,1    | 3421,2  | 581,68 | 244,86 | 629,67 | 232,51 | 84,52 | 1618,82 |
| 1030   | 5332,05          | 5096,1    | 3847,6  | 566,16 | 243,13 | 649,34 | 228,87 | 83,48 | 1598,78 |
| 935    | 6212,35          | 5985,4    | 3027,2  | 718,32 | 293,19 | 768,3  | 257,59 | 96,77 | 1851,42 |
| 1005   | 5440,15          | 5156,4    | 3687,9  | 652,2  | 307,92 | 730,1  | 250    | 65,37 | 1427,18 |

| Tractus opticus | Ha     | Hd     | M      | P      | B     | Prp   | S     |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 84,9            | 546,73 | 164,1  | 608,52 | 523,65 | 33,04 | 19,33 | 39,65 |
| 66,32           | 532,27 | 176,44 | 640,66 | 602,73 | 26,06 | 19,75 | 35,2  |
| 68,54           | 513,65 | 164,16 | 548,92 | 503,26 | 20,66 | 14,22 | 33,03 |
| 61              | 467,76 | 136,55 | 477,71 | 469,07 | 20,9  | 13,39 | 29,91 |
| 72,42           | 489,16 | 173,31 | 542,12 | 495,25 | 23,64 | 14,23 | 33,41 |
| 66,99           | 527,18 | 167,77 | 602,37 | 549,61 | 19,61 | 15,1  | 37,96 |
| 71,21           | 452,75 | 145,15 | 504,06 | 490,11 | 22,07 | 14,25 | 33,5  |
| 71,45           | 437,62 | 151,21 | 497,4  | 497,94 | 22,78 | 14,32 | 33,64 |
| 72,71           | 486,24 | 171,64 | 657,8  | 538,47 | 22,31 | 13,76 | 36,85 |
| 70,72           | 443,65 | 160,2  | 483,39 | 497,27 | 21,13 | 17,13 | 30,12 |



Die hier vorgelegte Dissertation habe ich eigenständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt. Die Dissertation wurde in der vorgelegten oder in ähnlicher Form noch bei keiner anderen Institution eingereicht. Ich habe bisher keine erfolglosen Promotionsversuche unternommen.

Düsseldorf, den 26.10.2006