

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die pränatale Morphogenese des Os hyoideum und des Larynx der Wachtel (*Coturnix coturnix*) zu untersuchen. Zum besseren Verständnis der komplexen Entwicklungsvorgänge lag der Schwerpunkt der Befunderhebung auf der entsprechenden dreidimensionalen Darstellung. Fünf Wachtel-embryonen wurden hierbei mit einem Bebrütungsalter von etwa 7,5 bis 12 Tagen (HH32 bis HH38) histologisch untersucht und computertechnisch rekonstruiert, was einen Vergleich mit der pränatalen Morphogenese des Os hyoideum und des Larynx des Menschen ermöglichte.

Das Os hyoideum der Wachtel setzt sich im Bebrütungsalter von etwa 7,5 Tagen (HH32) aus dem Os basibranchiale rostrale, dem Os basibranchiale caudale und den Cornua branchialia zusammen. Im Alter von etwa 8 bis 9 Bebrütungstagen (HH35) ist die paarige Anlage des Os entoglossum erstmals zu erkennen, die im Alter von etwa 12 Bebrütungstagen (HH38) fusioniert ist. Dies unterstützt die Theorie, dass es sich beim Os entoglossum um eine Neubildung bei den Vögeln handelt, die Entstehung also nicht den Pharyngealbögen zugeordnet wird. Bis zum Entwicklungsstadium HH36 (etwa 10 Bebrütungstage) liegen das Os basibranchiale rostrale und das Os basibranchiale caudale als separate knorpelige Anteile des Os hyoideum vor. Im Alter von etwa 12 Bebrütungstagen (HH38) sind beide Anteile fusioniert. Aufgrund der Lage kann man sie auf den 2. oder 3. Pharyngealbogen zurückführen. Allerdings kann auch eine Entwicklung aus der von einigen Autoren beschriebenen Copula, die sich ventral der Pharyngealbögen entwickelt, nicht ausgeschlossen werden.

Die beiden Cornua branchialia sind stark gebogen und unterteilt in ein Os ceratobranchiale und ein Os epibranchiale. Sie setzen an dem Os basibranchiale rostrale an und sind nicht mit dem Schädelknochen verbunden. Ihre Entstehung ist auf Grund ihrer Lokalisation auf den 2. oder 3. Pharyngealbogen eingrenzbar. Aber auch der in der Literatur beschriebenen Auffassung, dass am ausgebildeten Os hyoideum des Vogels keine Anzeichen eines 2. Pharyngealbogenknorpels zu finden sind, kann nicht widersprochen werden.

Beim Wachtelembryo liegen bis zum Entwicklungsstadium HH38 alle Anteile des Os hyoideum noch als knorpelige Vorläufer des knöchernen Os hyoideum vor.

Die chondrale Ossifikation setzt im Alter von etwa 12 Bebrütungstagen (HH38) an den Ossa ceratobranchialia ein.

Der Larynx der Wachtel ist erst im Alter von etwa 12 Bebrütungstagen (HH38) ausgebildet. Er besteht aus dem unpaarigen Ringknorpel, Cartilago cricoidea, dem paarigen Stellknorpel, Cartilago arytenoidea, und aus der unpaarigen Cartilago procricoidea. Der Schildknorpel, Cartilago thyroidea, die Epiglottis und die Stimmbänder fehlen dem nur der Atmung dienenden Larynx. Dem Ringknorpel schließen sich die Knorpelringe der Trachea an. Die Arytenoidwülste, die bereits im jüngsten Entwicklungsstadium HH32 ersichtlich sind, stellen sich als erste Anlage des Larynx dar. Die in der Literatur vertretene Theorie, dass die Arytenoidknorpel aus den paarigen Arytenoidwülsten entstehen, kann durch die vorhandenen Ergebnisse anhand ihrer Lokalisation bestätigt werden. Ebenso kann man dazu tendieren, dass der Ringknorpel und die Cartilago procricoidea aus dem Mesenchym der 1. Trachealspange hervorgehen. Eine Ossifikation des knorpeligen Larynx ist bis zum Alter von etwa 12 Bebrütungstagen (HH38) des Wachtelembryos nicht zu beobachten.

Obwohl sich in der vorliegenden Arbeit die pränatalen Morphogenesen des Os hyoideum und des Larynx bei der Wachtel bzw. beim Menschen unterschiedlich darstellten, konnten Ergebnisse herausgearbeitet werden, die es erlauben, die Wachtel als Experimentaltier für weiterführende wissenschaftliche Untersuchungen zu nutzen.

## 7 SUMMARY

The aim of this thesis was to study the prenatal morphogenesis of the anlage of the hyoid bone and the larynx of the quail.

In order to give a better impression of the complex developmental processes, the main focus was on raising findings by means of 3D-reconstructions from histological serial sections. For this purpose, five quail embryos at breeding stages from 7.5 to 12 days (HH32 to HH38) were examined histologically and reconstructed by 3D-media. This way it was possible to compare the results to the same structures in human specimens.

The anlage of the hyoid bone of a quail at a breeding stage of 7.5 days (HH32) consists of the anlagen of the os basibranchiale rostrale, the os basibranchiale caudale and the cornua branchialia. At the breeding stage of 8 to 9 breeding days (HH35), the twins of the anlage of the os entoglossum can be viewed for the first time, while those of the stages at 12 breeding days (HH38) have fused. This supports the theory that the os entoglossum reflects a new formation of structures in these birds. Thus, it may not be a structure originating from the pharyngeal arches. Up to the anlagen of the developmental stage of 10 breeding days (HH36), the os basibranchiale rostrale and the os basibranchiale caudale are present as separate cartilaginous parts of the later hyoid bone. At the stage of 12 breeding days (HH38), both parts have fused. Due to their position, they may be traced back to the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> pharyngeal arch. However, as quoted by some authors, the copula, which develops ventrally to the pharyngeal arches, might also be the starting point of the development.

Both cornua branchialia, consisting of the os ceratobranchialia and the os epibranchialia, show a strong curve. They start at the os basibranchiale rostrale and are not fused to the skull bone. Their emergence may be located due to their position at the 2<sup>nd</sup> or 3<sup>rd</sup> pharyngeal arch. Literature quotes that there is no indication of a bone derived 2<sup>nd</sup> pharyngeal arch in a fully developed hyoid bone of the bird, which can be supported by this study.

Up to developmental stage HH38, all parts of the hyoid bone remain present as cartilaginous anlagen in the quail embryo. The chondral ossification at the ossa ceratobranchialia starts at a stage of 12 breeding days (HH38).

The larynx of the quail has fully developed at 12 breeding days (HH38). It consists of the unpaired cricoid cartilage cartilago cricoidea, the twin arytenoid cartilage cartilago arytenoidea and the unpaired cartilago procricoidea. The thyroid cartilage cartilago thyroidea, the epiglottis and the ligamentum vocale are missing in the larynx which only presents a structure for breathing in the bird. Beyond the cricoid cartilage cartilago cricoidea, there are the cartilaginous rings of the trachea. The arytenoid ridges, which may be viewed already at the earliest developmental stage, HH32, are the first anlage of the larynx. The theory quoted in literature that the arytenoid cartilages develop from the twin arytenoid ridges may be confirmed by the results gathered in this study. Furthermore, the results allow to argue that the cartilago cricoidea and the cartilago procricoidea have their developmental starting point in the mesenchym of the 1<sup>st</sup> tracheal arch. An ossification of the cartilaginous larynx could not be viewed up to the stage of 12 breeding days (HH38) in the quail embryo.

Although there are differences concerning the prenatal morphogenesis of the hyoid bone, respectively the larynx of the quail and the human, this study was able to present the quail as a means of experimental model for further studies.

## 8 LITERATURVERZEICHNIS

**Baumel, J.J., King, A.S., Lucas, A.M., Breazile, J.E., Evans, H.E. (eds.):**

Nomina Anatomica Avium

Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco, 1979

**Bellairs, R., Osmond, M.:**

The Atlas of Chick Development

Department of Anatomy and Developmental Biology, University College London, 1998

**Benninghoff, A.:**

Anatomie

Band 1, Urban & Fischer, 16. Auflage, München, 2003

**Berkovitz, B.K.B., Moxham, B.J.:**

A textbook of head and neck anatomy

Wolfe Publishing Ltd, Barcelona, 1988

**Blechs Schmidt, E.:**

Rekonstruktionsverfahren mit Verwendung von Kunststoffen. Ein Verfahren zur Ermittlung und Rekonstruktion von Entwicklungsbewegungen

Z Anat Entwicklgesch 118, 170-174, 1954

**Blechs Schmidt, E.:**

Der menschliche Embryo

Schattauer, Stuttgart, 1963

**Boenig, H., Bertolini, R.:**

Leitfaden der Entwicklungsgeschichte des Menschen

Georg Thieme Verlag, Leipzig, 1971

**Bolk, L., Göppert, E., Kallius, E., Lubosch, W.:**

Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere

Urban & Schwarzenberg, München, 1936

**Born, G.:**

Die Plattenmodellirmethode  
Arch Mikr Anat 22, 584-599, 1883

**Brandt, J.:**

Beiträge zur Embryonalentwicklung der Symphysis des Menschen  
Zahnmed Diss, FU Berlin, 1997

**Bujard, E.:**

Reconstructions plastiques des glandes salivaires du foetus humain de 10 semaines environ  
Anat Anz 38, 115-134, 1911

**Enlow, D.H.:**

Facial growth  
Saunders, Philadelphia, 1990

**Fitzgerald, T.C.:**

The Coturnix Quail, Anatomie and Histologie  
The Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1969

**Gaunt, P.N., Gaunt, W.A.:**

Three dimensional reconstruction in biology  
Pittman Medical Publications, London, 1978

**Germelmann, A.-R.:**

Beitrag zur pränatalen Morphogenese des Os hyoideum des Menschen  
Zahnmed Diss, Medizinische Fakultät Charité - Universitätsmedizin Berlin, 2008

**Gray, H.:**

Anatomy of the human body  
Lea & Febiger, Philadelphia, 1995

**Hamburger, V., Hamilton, H.L.:**

A series of normal stages in the development of the chick embryo

J Morphol 88, 49-92, 1951

**Hamilton, H.L.:**

Lillie's Development of the Chick

Henry Holt and Company, New York, 1952

**Hildebrand, M., Goslow, G.E.:**

Vergleichende und funktionelle Anatomie der Wirbeltiere

Springer, Berlin, 2004

**Hinrichsen, K.V.:**

Human embryology

Springer, Berlin, 1990

**His, W.:**

Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbeltierleibes

Vogel, Leipzig, 1868

**Hummel, G.:**

Anatomie und Physiologie der Vögel

Eugen Ulmer, Stuttgart, 2000

**Ihle, J.E.W., van Kampen, P.N., Nierstrasz, H.F., Versluys, J.:**

Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere

Springer, Berlin, Reprint, 1971

**Kämpfe, L., Kittel, R., Klapperstück, J.:**

Leitfaden der Anatomie der Wirbeltiere

Gustav Fischer, Stuttgart, 1993

**Kallius, E.:**

Beiträge zur Entwicklung der Zunge

Anat H, Abt 1, 85/86 Heft (28. Bd. H. 2/3) , 1904

**Keibel, F., Abraham, K.:**

Normentafel zur Entwicklungsgeschichte des Huhnes (*Gallus domesticus*)

Gustav Fischer, Jena, 1900

**Kitamura, H.:**

Embryology of the mouth and related structures

Maruzen Co. Ltd., Tokyo, 1989

**Kiwitt, R.:**

Wachteln

Eugen Ulmer, Stuttgart, 2003

**Koebke, J.:**

Some observations on the development of the human hyoid bone

Anat Embryol 153, 279-286, 1978

**König, H.E., Liebich, H.G.:**

Anatomie und Propädeutik des Geflügels

Schattauer, Stuttgart, 2001

**Langman, J.:**

Medizinische Embryologie

Thieme, Stuttgart, 1989

**Lippert, H.:**

Lehrbuch Anatomie

Urban & Schwarzenberg, München, 1996

**Malcharowitz, K.:**

Beiträge zur pränatalen Craniomorphogenese der Wachtel (*Coturnix coturnix*)  
Zahnmed Diss, Medizinische Fakultät Charité - Universitätsmedizin Berlin, 2004

**Malpighi, M.:**

De ovo incubato  
Martyn, London, 1672

**Malpighi, M.:**

Dissertatio epistolica de formatione pulli in ovo  
Martyn, London, 1673

**Marjorie, A.:**

Farbatlas der Embryologie  
Schattauer, Stuttgart, 1985

**Meikle, M.C.:**

Craniofacial development, growth and evolution  
Bateson Publishing, Bressingham, Norfolk, England, 2002

**Michel, G.:**

Kompendium der Embryologie der Haustiere  
Gustav Fischer, Stuttgart, 1983

**Moller, W.:**

Biol Gen VI, 4. VII, 1931

**Montagnon, J.:**

Problèmes posés par la détermination de l'âge des embryos et foetus humains  
Acta Anat 130, 64, 1987

**Moore, K.L.:**

Embryologie des Menschen  
Schattauer, Stuttgart, 1985

**Nickel, R., Schummer, A., Seiferle, E.:**

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Bd. 5

Paul Parey, Berlin, Hamburg, 1992

**Radlanski, R.J., Jäger, A.:**

Computergestützte 3D-Rekonstruktionen zur Darstellung embryonaler  
Gestaltentwicklung

Wiss Z Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Med Reihe, 39-40, 1990

**Radlanski, R.J., Kjaer, I., Vastardis, H., Renz, H.:**

Morphometric studies on the fetal development of the human mandible

Fortsch Kieferorthop 55 (2), 77-83, 1994

**Radlanski, R.J., Renz, H., Klarkowski, M.C.:**

Bone remodeling of the human mandible during prenatal development

Anat Embryol (Berl) 207 (3), 221-232, 2003

**O’Rahilly, R., Müller, F.:**

Human embryology & teratology

Third Edition, Wiley-Liss, New York, 2001

**Rohen, J.W.:**

Anatomie für Zahnmediziner

Schattauer, Stuttgart, 1994

**Romer, A.S., Parsons, T.S.:**

Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere

Paul Parey, Berlin, Hamburg, 1983

**Rüsse, I., Sinowatz, F.:**

Lehrbuch der Embryologie der Haustiere

Paul Parey, Berlin, Hamburg, 1991

**Sadler, T.W.:**

Medical embryology

10th Edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2006

**Salomon, F.V.:**

Lehrbuch der Geflügelanatomie

Gustav Fischer, Stuttgart, 1993

**Schnorr, B.:**

Embryologie der Haustiere

Enke, Stuttgart, 1996

**Schnorr, B., Kressin, M.:**

Embryologie der Haustiere

Enke, Stuttgart, 2001

**Schwarze, E., Schröder, L.:**

Kompendium der Geflügelanatomie

Gustav Fischer, Jena, 1985

**Sobotta, J.:**

Atlas der Anatomie des Menschen, Bd. 1

Urban & Schwarzenberg, München, 1993

**Soft Imaging System GmbH:**

AnalySIS® 3.1 Benutzerhandbuch 3D-Bearbeitung

Soft Imaging System GmbH, Münster, 2000

**Sperber, G.H.:**

Craniofacial development

Hamilton: BC Decker, London, 2001

**Starck, D.:**

Embryologie

Thieme, Stuttgart, 1975

**Streicher, J., Weninger, W.J., Müller, G.B.:**

External marker-based automatic congruencing: A new method of 3D reconstruction from serial sections

The Anatomical Record 148: 583-602, 1997

**Weissenberg, R.:**

Grundzüge der Entwicklungsgeschichte des Menschen in vergleichender Darstellung

Georg Thieme Verlag, Leipzig, 1931

**Weninger, W.J., Meng, S., Streicher, J., Müller, G.B.:**

A new episcopic method for rapid 3D reconstruction: applications in anatomy and embryology

Anat Embryol 197: 341-348, 1998

## 9 DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. Ralf J. Radlanski für das mir entgegengebrachte Vertrauen bei der Überlassung des Themas dieser Dissertation.

Er hat sich immer die Zeit genommen, mich in zahlreichen Diskussionen an die wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise heranzuführen. Sein fundiertes Wissen und seine konstruktive Kritik haben entscheidend zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Weiterhin danke ich Prof. Dr. R. A. Schneider, University of California at San Francisco, für die Bereitstellung der Wachtelembryonen unterschiedlicher Entwicklungsstadien, welche seiner Sammlung entstammen.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung Experimentelle Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde möchte ich ebenfalls danken für die freundliche Arbeitsatmosphäre und die wertvollen Hilfestellungen. Insbesondere möchte ich mich bei Frau Irene Schwarz und Frau Barbara Danielowski für die stets anregende und kompetente Unterstützung am Mikroskop bzw. am Computer bedanken. Desweiteren möchte ich mich bei Herrn Dr. Herbert Renz, der mir immer hilfsbereit zur Seite stand, bedanken. Besonderer Dank gebührt auch Frau Beate Lion (Sekretariat Prof. Dr. Dr. R. J. Radlanski) für ihre inhaltliche und organisatorische Unterstützung.

Schließlich möchte ich meinen Eltern sowie Herrn G. Pawlik für alles, was sie mir ermöglicht haben, danken.

## **10    LEBENSLAUF**

Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht mit veröffentlicht.

## 11 ERKLÄRUNG

„Ich, Lysann Schmidt, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem  
Thema:

**Beitrag zur pränatalen Morphogenese des Os hyoideum der Wachtel  
(Coturnix coturnix)**

Computergestützte 3D-Rekonstruktionen anhand von histologischen  
Serienschnitten

selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt,  
ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer  
Arbeiten dargestellt habe.“

Berlin, den 29.06.2010

(Lysann Schmidt)