

Aus dem Institut für Geschichte der Medizin

der Universität Würzburg

Vorstand: Professor Dr. Dr. Michael Stolberg

Die Begründung der Keimblatttheorie durch Christian Heinrich Pander 1817 in

Würzburg:

**Der Weg naturphilosophisch geprägter Embryologieforschung zur rationalen
Wissenschaft**

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Sarah Feisel

aus Dettelbach

Würzburg, Januar 2022

Referent/Referentin: Prof. Dr. phil. Dr. med. habil. Werner E. Gerabek

Koreferent/Koreferentin: Prof. Dr. med. Süleyman Ergün

Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 12.01.2022

Die Promovendin ist Ärztin

Meinem Vater

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung	1
B. Methodischer Ansatz und Quellenlage	4
I. Gegenstand und Ziel der Untersuchung.....	4
II. Materialien und Quellenlage	9
C. Embryologieforschung um 1800	15
I. Der naturwissenschaftliche Hintergrund in Deutschland um 1800	15
1. Vertretene Hypothesen zur Entwicklung des Embryos um 1800.....	15
2. Vertiefung ausgewählter Hypothesen	18
a. Epigenese und Präformation.....	19
i. Marcello Malpighi.....	19
ii. Albrecht von Haller.....	21
iii. Caspar Friedrich Wolff	23
iv. Johann Friedrich Blumenbach.....	25
II. Vertreter der verschiedenen Hypothesen zur Bildung des Embryos in Würzburg 1800 bis 1818	27
1. Naturphilosophie um 1800 in Würzburg.....	27
a. Friedrich Wilhelm Joseph Schelling: Einführung in die Grundprinzipien der Naturphilosophie	27
b. Die Bedeutung der Naturphilosophie für die Physiologie.....	29
c. Die Bedeutung der Naturphilosophie Schellings für die Anatomie und Embryologie	30
d. Ignaz Döllinger als Anhänger Schellings	32
D. Embryologieforschung in Würzburg unter Ignaz Döllinger	33
I. Döllingers Leben und Werke im Überblick.....	33
II. Berufung nach Würzburg	35
III. Die Anwendung der Naturphilosophie in der Wissenschaft	38

1. Analyse der Archivschrift von 1804: Verbinden der Vergleichenden Anatomie mit der Physiologie.....	38
2. Döllingers Beitrag in Schellings Jahrbuch	41
3. Analyse der Veröffentlichung ‚ <i>Grundriß der Naturlehre des menschlichen Organismus – Zum Gebrauche bey seinen Vorlesungen</i> ‘	42
a. Kritische Auseinandersetzung mit der Rolle der Naturphilosophie in naturwissenschaftlichen Forschungsfragen.....	42
b. Das Verständnis von Entwicklung bei Döllinger	45
4. Naturphilosophische Prinzipien im chronologischen Vergleich in Döllingers Werk	58
a. Döllingers Forschungen zum Ursprung des Lebens im Wandel	58
5. Die Bedeutung der Naturphilosophie für die embryologischen Forschungen Döllingers	64
6. Öffentliche Lehre an der Universität Würzburg.....	69
a. Makroskopische Anatomie	70
b. Streitigkeiten um Ignaz Döllingers Lehrbefugnis in der Pathologie.....	73
c. Vergleichende Anatomie	75
d. Mikroskopie.....	77
e. Vergleich der allgemeinen naturwissenschaftlichen Lehrsituation der Medizinischen Fakultät mit Schwerpunkt auf das anatomische Institut in Würzburg 1804 versus 1817	78
7. Private Förderung ausgewählter Studenten	82
a. Embryologische Forschungsarbeiten unter Döllinger	83
i. Lorenz Oken	83
ii. Ludwig Sebastian Marie von Tredern de Lezerec	85
iii. Weitere, embryologische Forschungsarbeiten	87
IV. Döllingers entwicklungsgeschichtliche Forschungstätigkeit in Würzburg in der Gesamtschau	88

E. Christian Heinrich Pander	90
I. Lebenslauf bis zur Promotion in Würzburg.....	93
1. Leben und Wirken von Christian Heinrich Pander im Überblick.....	93
2. Historischer Hintergrund der Würzburger Universität im Jahr 1816.....	95
II. Promotion an der Universität Würzburg.....	99
1. Bildung des Arbeitskreises bestehend aus Pander, Döllinger und Joseph Eduard D'Alton	99
2. Arbeitsweise Panders	102
a. Beschaffung der Eier	102
b. Brutmaschine.....	103
c. Mikroskopie.....	104
i. Geschichte der Mikroskopie.....	104
ii. Lichtmikroskopie heute und 1800.....	107
iii. Die Anwendung des Mikroskops bei Christian Heinrich Pander	108
d. Beobachtung der Eier	116
i. Panders Methodik.....	116
ii. Vergleich der heutigen Methodik mit der Panders	122
iii. Methodische Probleme bei der Untersuchung	123
III. Dissertation.....	128
1. Analyse des wissenschaftlichen Aufbaus.....	128
a. Aufbau der lateinischen Dissertation.....	128
b. Aufbau der deutschsprachigen Veröffentlichung.....	131
2. Bildtafeln mit zugehöriger Beschriftung.....	135
a. D' Altons Anfertigung der Zeichnungen und Kupferstiche	136
b. Analyse der Bildtafeln: Inhalt, Vergrößerungsfähigkeit und Vergleich der Beschreibungen Panders mit tatsächlich sichtbaren Strukturen.....	139

i. Tafel I	140
ii. Tafel II.....	146
iii. Tafel III	153
iv. Tafel IV	157
v. Tafel V.....	161
vi. Tafel VI	164
vii. Tafel VII.....	172
viii. Tafel VIII	176
ix. Tafel IX	179
x. Tafel X.....	183
xi. Tafel der Durchschnitte	184
3. Die Entwicklung des Herzens	189
i. Die Entwicklung des Herzens in Panders ‚ <i>Beiträgen</i> ‘ und ‚ <i>Dissertatio</i> ‘	190
ii. Die Entwicklung des Herzens bei Marcello Malpighi	195
iii. Vergleich der Bildtafeln zur Entwicklung des Herzens bei Pander und Malpighi	198
4. Panders Vorbilder und Lehrer	204
a. Malpighi.....	207
b. Haller	212
c. Wolff.....	218
d. Tredern	224
e. Döllingers Rolle bei der Dissertation Panders.....	229
i. Döllinger als wissenschaftlicher Mentor und Pander als eigenständiger Forscher.....	229
ii. Bewertung der Rolle naturphilosophischer Lehrern 1817 in der Dissertation von Pander	235
5. Ergebnis von Pander.....	239

a. Begründung der Keimblatttheorie	239
b. Panders embryologische Arbeit in der Gesamtschau	248
IV. Einordnung Panders These zur Bildung des Hühnerembryos in Bezug auf die allgemein anerkannten naturwissenschaftlichen Hypothesen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts.....	254
1. Bewertung Panders Ergebnisse durch die naturwissenschaftliche Öffentlichkeit	254
a. Oken und die Veröffentlichung Panders ‚ <i>Dissertatio</i> ‘ in der Zeitschrift ‚ISIS‘	256
i. Panders Antwort.....	261
ii. .Vergleich der ursprünglichen ‚ <i>Tafel der Durchschnitte</i> ‘ mit der ‚ <i>Tafel der Ideellen Zeichnungen</i> ‘	266
b. Würzburg und Döllinger	273
c. Nees von Esenbeck und Goethe:	279
2. Zuordnung Panders eigener vertretener Hypothese zu Entwicklungsgeschichte	283
a. Embryonalentwicklung.....	284
b. Ausblick auf Panders Verständnis von der Entstehung der Arten in seinen Studien der Vergleichenden Osteologie gemeinsam mit D’Alton	295
V. Christian Heinrich Pander und Karl Ernst von Baers Beziehung in Bezug auf die Erforschung der Embryologie	299

F. Fazit: Die Begründung der Keimblatttheorie 1817 durch Christian Heinrich Pander	316
I. Ignaz Döllinger als Wegbereiter der Begründung der Keimblatttheorie	316
II. Neue, wissenschaftliche Erkenntnisse Panders und deren Bedeutung ...für die Embryologieforschung des beginnenden 19. Jahrhunderts.....	318
III. D’Altons Bildtafeln und deren wissenschaftliche Bedeutung für das Werk Panders	322

IV. Der Einfluss Panders Werk auf die Embryologieforschung des beginnenden 19. Jahrhunderts	324
V. Die Rolle naturphilosophischer Motive bei Panders entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen	326
VI. Ausblick: Das Keimblattmodell im Mittelpunkt embryologischer Forschungen	328
Literaturverzeichnis	326
I. Primärliteratur	330
II. Sekundärliteratur	336
Abbildungsverzeichnis	
Abbildung 1: Tafel I	141
Abbildung 2: Tafel II	148
Abbildung 3: Tafel III	155
Abbildung 4: Tafel IV	159
Abbildung 5: Tafel V	163
Abbildung 6: Tafel 6	165
Abbildung 7: Tafel VII	173
Abbildung 8: Tafel VIII	177
Abbildung 9: Tafel IX	180
Abbildung 10: Tafel X	184
Abbildung 11: ‚Tafel der Durchschnitte‘	186
Abbildung 12: Tafel II; ‚De ovo incubato‘	197
Abbildung 13: ‚Tafel der Ideellen Zeichnungen‘	269

A. Einleitung

Schon in der ionischen Philosophie (700-500 v. Chr.) beschäftigte man sich mit der Frage nach der Entstehung des Lebens. Da es zu dieser Zeit an wissenschaftlichen Instrumenten und Kenntnissen mangelte, bediente man sich der Beobachtung der umgebenden Pflanzen- und Tierwelt, um so Rückschlüsse auf deren Organismus zu ziehen.¹

Da das Hühnerei ein hervorragend zugängliches Objekt darstellt, um die Entstehung des Lebens mit bloßem Auge zu beobachten, ist es kaum verwunderlich, dass schon früh embryologische Studien an ihm durchgeführt wurden. Ein bekannter Naturforscher und Philosoph dieser Zeit war Aristoteles (384-322 v. Chr.), der sich umfassend mit embryologischer Forschung, nicht nur am Hühnerembryo, befasste.² Bereits damals bildeten sich zwei entscheidende Ansätze der Vererbungslehre, neben kleineren, philosophischen und naturwissenschaftlichen Strömungen, heraus: nämlich die Atomisten (Leukipp und Demokrit, 5. Jh. v. Chr.), die von einem bereits ausgeformten Organismus ausgingen und die Epigenisten (Parmenides und Diogenes von Appolonia, 5. Jh. v. Chr.), die die hämatogene Samenlehre vertraten, auf die sich auch Aristoteles berief, wonach eine schrittweise Entwicklung einer amorphen Substanz zu einem vollständig ausgebildeten Individuum erfolgte.³

Aufgrund dieser Gegebenheiten zog sich das Hühnerei als eines der wichtigsten und frühesten embryologischen Forschungsgegenstände durch die Wissenschaftsgeschichte bis in das 17. Jahrhundert hinein.⁴ Hierbei verknüpfte man die rein durch Beobachtung erworbenen Erkenntnisse mit philosophischen Theorien und Grundsätzen, die versuchten die Entwicklung des Lebens zu erklären und in festen Regeln zu ordnen.

¹ Harg/Kollesch 2004, 50–53.

² Bäumer-Schleinkofer 1993, 10-14.

³ Ebd., 2-3.

⁴ Bellairs/Osmond 2014, xxxi.

Im 17. Jahrhundert schließlich erfuhr die Naturforschung einen revolutionären Wandel durch Galileo Galilei (1564-1642), der das physikalische Experiment und die mathematische Prüfung beobachteter Naturphänomene etablierte, was die Anwendung der bisher gültigen Aristotelischen Mechanik ablöste.⁵

Diese neue, empirische, deduktive Herangehensweise an ungelöste Fragen der Naturforschung veränderte sowohl die wissenschaftliche Methodik als auch die philosophische Interpretation der Natur. Eine enge Verknüpfung philosophischer Weltanschauungen mit naturwissenschaftlichen Erkenntnissen begann sich zu bilden. Als Folge dessen wurde versucht, die Entstehung des Lebens und die Physiologie der Lebewesen experimentell und empirisch beobachtend zu erklären und die Erkenntnisse in eine, teils spekulativ erdachte, Systematik zu ordnen.⁶

Eine weitere Verbesserung der Forschungsbedingungen in der Embryologie war die Einführung von vergrößernden Linsen, woraufhin später das Mikroskop folgte. Mit dem Mikroskop war es zum ersten Mal möglich, die Entstehung des Lebens auf Zellebene zu erforschen, wenngleich der Begriff Zelle nach heutigem Verständnis damals noch nicht existierte. Durch diese technischen Fortschritte war es möglich, die Strukturen des einzelnen Lebewesens genauer zu untersuchen. Diese neuen Möglichkeiten führten dazu, dass die Bedeutung der Untersuchung anatomischen Strukturen drastisch stieg. Dadurch glaubte der Naturforscher, auf allgemein gültige Gesetzmäßigkeiten schließen zu können.⁷

In der Mitte des 18. Jahrhunderts waren die zwei wichtigsten, deutschsprachigen Lebenswissenschaftler, die sich ausführlich mit Embryologie beschäftigten, Albrecht von Haller (1708-1777) und Caspar Friedrich Wolff (1734-1794), wobei Haller die Lehre der Präformation vertrat und Wolff für die Lehre der Epigenese stand. In den

⁵ Jahn 2004f, 196.

⁶ Rotschuh 1953, 91.

⁷ Jahn 2004f, 204–206.

embryologischen Werken der beiden Gelehrten zeigte sich erneut die Verknüpfung von naturwissenschaftlicher Forschung mit philosophischen Lehren.⁸

Auch die Universität Würzburg wurde maßgeblich durch die obengenannten, neu gewonnenen Methoden und den hieraus resultierenden Veränderungen in der Wissenschaft, beeinflusst. So behauptete sich der Anatom und Physiologie, Ignaz Döllinger (1770-1841), als Anhänger der Epigenese und etablierte schon früh den systematischen Einsatz des Mikroskops in seinen Forschungen.⁹ Zugleich stand er in seinen anfänglichen Lehrjahren noch unter dem Einfluss des befreundeten Naturphilosophen Friedrich Wilhelm Joseph von Schellings (1775-1854).¹⁰ Naturphilosophische Konzepte sowie empirische Forschung mit dem Mikroskop beeinflussten somit Döllingers embryologische Forschungsarbeiten. In seinem Werk lässt sich der Aufbruch der Lebenswissenschaften, von einer philosophisch geprägten Wissenschaft hin zu einer rationalen Wissenschaft, sehr gut nachvollziehen. Döllingers bedeutendes Wirken als Lehrender auf dem Gebiet der empirischen Embryologieforschung, mit Hilfe der Mikroskopie, führte schließlich zur Begründung der Keimblatttheorie durch seinen Schüler Christian Heinrich Pander im Jahr 1817.¹¹ Daher gilt seinem Schüler und dessen embryologische Forschungen der Schwerpunkt dieser Arbeit.

⁸ Bäumer-Schleinkofer 1993, 178.

⁹ Döllinger 1805, 29: „*Der Bildungstrieb ist entweder Grund der Entstehung, oder in dem Entstanden Grund der Erhaltung des Organischen. Was durch den Bildungstrieb entsteht, ist nothwendiger Weise Individuum;*“

¹⁰ Gerabek 1995, 246-252.

¹¹ Bäumer-Schleinkofer 1993, 218–219.

B. Methodischer Ansatz und Quellenlage

I. Gegenstand und Ziel der Untersuchung

Zunächst soll diese Arbeit die Bedeutung Ignaz Döllingers als Wegbereiter der mikroskopischen, analysierenden, wissenschaftlichen Embryologie an der Universität Würzburg darstellen. Döllinger war eine äußerst interessante Persönlichkeit der Naturforschung. Neben seiner Rolle als Lehrender an der Universität Würzburg soll sein Bezug zur Naturphilosophie näher betrachtet werden. Denn der embryologischen Forschung in Würzburg im beginnenden 19. Jahrhundert fiel eine besondere Rolle zu. Dort wirkte der Naturphilosoph Schelling von 1803 bis 1806, der in seinen Würzburger Jahren den Embryologen und Physiologen Döllinger zu seinem Freundeskreis zählte.¹² Daher wird der Einfluss der Naturphilosophie insbesondere in Döllingers Werken untersucht, welche sich mit allgemeinen, entwicklungsgeschichtlichen Themen auseinandersetzten.

Entwicklungsgeschichtliche Forschungsfragen beschäftigten den vielseitig interessierten Würzburger Naturforscher zeitlebens und seine erfolgreiche Lehre in der mikroskopischen Embryologie ist gewiss, wie Schmuck in seinem Werk *„Baltische Genesis“* bereits darstellte.¹³ Dies ist insofern von großer Bedeutung, da Döllinger seine erworbenen Fähigkeiten und Erkenntnisse auf dem Fachgebiet der mikroskopischen Embryologie an seine Schüler, hierunter auch Christian Heinrich Pander, weitergab.¹⁴ Da Döllinger als Doktorvater und wissenschaftlicher Mentor die Arbeit von Pander persönlich betreute, ist eine Aufarbeitung Döllingers rationaler Forschungsmethodik und naturphilosophischen Interpretation entwicklungsgeschichtlicher Fragestellungen für die Analyse Panders Arbeit unerlässlich.

¹² Gerabek 1995, 105.

¹³ Schmuck 2010, 59–68.

¹⁴ Ebd., 62.

Insgesamt ist es ein Schwerpunkt dieser Arbeit, die empirische Methodik Panders aufzuarbeiten und rational aufzuzeigen, zu welchem tatsächlichen Verständnis der Embryonalentwicklung des Huhns er gelangte. Durch die wissenschaftliche Analyse seiner Arbeit zeigt sich, wie seine wissenschaftliche Vorgehensweise, sowie Erkenntnisse, im naturwissenschaftshistorischen Kontext zu werten sind. Besonders die Begründung der Keimblatttheorie und die hieraus abgeleitete Beschreibung der Organsysteme des Embryos durch Christian Heinrich Pander werden in Hinblick auf seine angewandte, wissenschaftliche Methodik untersucht. Am wichtigsten ist bei dieser Untersuchung Panders embryologisches Werk *„Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Hühnchens im Eye“*¹⁵. Um die Reichweite von Panders Erkenntnissen und seines Verständnisses vollständig zu untersuchen, wird seine ursprüngliche, in Latein verfasste Dissertation¹⁶ in den einschlägigen Punkten der Embryonalentwicklung vergleichend mit seiner deutschsprachigen Veröffentlichung analysiert.

Ausführlich werden die anatomischen Strukturen des Embryos, welche D'Alton auf den Bildtafeln festhielt,¹⁷ untersucht. Als Referenzstandard wird die heutige Darstellung der Embryonalentwicklung des Huhns bei Bellairs und Osmond genutzt.¹⁸ Im Rahmen der Analyse der Kupferstiche wird herausgearbeitet, in welcher Vergrößerung die dargestellten Embryonen abgebildet sind und in welchem Entwicklungsstadium sie sich befinden. Hierbei wird das Klassifikationssystem der Entwicklungsstadien des Hühnerembryos nach Hamburger und Hamilton angewandt.¹⁹

¹⁵ Pander 1817a.

¹⁶ Pander 1817b.

¹⁷ Pander 1817a, Insgesamt waren der Arbeit Panders 11 Kupfertafeln beigelegt, welche der befreundete Künstler D'Alton anfertigte.

¹⁸ Bellairs/Osmond 2014.

¹⁹ Ebd., 18; 603-621.: Die Einteilung der Entwicklungsstadien nach Hamburger und Hamilton ist heutiger Standard für die Embryonalentwicklung des Huhns. Der Zeitraum, nachdem das Ei gelegt worden ist, bis zu dem Punkt, zu dem das Küken schlüpft, wird anhand markanter, morphologischer Veränderungen in insgesamt in 46 Stadien eingeteilt.

Zudem wird abgeglichen, inwiefern Panders Beschreibung alle anatomischen Details erfasste, welche auf den Tafeln tatsächlich sichtbar waren. Da eine Analyse der Kupferstiche in der aktuellen Fachliteratur zu Panders embryologischen Werk noch nicht systematisch erfolgt ist, kann durch diese Analyse, anhand der Differenz zwischen tatsächlich sichtbaren Entwicklungsschritten und der zugehörigen Beschreibung Panders, fundiert abgeleitet werden, inwiefern Pander die einzelnen Schritte der Organogenese aus dem jeweiligen Keimblatt überhaupt verstand.

Anschließend werden die Ergebnisse Panders zu der Erforschung der ersten fünf Entwicklungstage des Hühnerembryos mit den damals allgemein anerkannten, wissenschaftlichen Theorien abgeglichen und bewertet.²⁰ Hier soll vor allem die Entwicklung des Herzens bei Pander der Beschreibung von Marcello Malpighi (1628-1694) gegenübergestellt werden. Da Malpighis embryologisches Gesamtwerk ausführlich bei Adelmannt erläutert wurde, ist ein Vergleich zwischen der Methodik in der Präparation und Mikroskopie des Embryos beider Forscher hier gut möglich.²¹ Anhand dieses Vergleichs soll herausgearbeitet werden, inwieweit sich die wissenschaftliche Methodik verbesserte und zu welchen Unterschieden dies in den Ergebnissen der beiden Embryologen führte.

Neben Marcello Malpighi und Ignaz Döllinger beeinflussten die Werke Hallers und Wolffs den jungen Embryologieforscher Pander.²² Untersucht man, welche Methodik jeweils angewandt wurde, und zu welchen Erkenntnissen der jeweilige Embryologieforscher kam, kann man anhand dieser Unterschiede herausarbeiten, worin Panders Erfolg in der Erstbeschreibung der Keimblatttheorie begründet war. So kann abschließend, unter Berücksichtigung des naturwissenschaftlichen und historischen Kontextes,

²⁰ Rajkov 1984, 17–22: Pander begab sich 1816 nach Würzburg, um dort unter Döllingers Anleitung seine eigenen embryologischen Forschungen zu beginnen, die er 1817 als Dissertation einreichte.

²¹ Adelmannt 1966a: Eine umfassende Darstellung zu Malpighis embryologischen Wirken findet sich hier.

²² Pander 1817b, 16-17: Pander nannte an verlässlichen Quellen, auf welche er sich bei seinen eigenen Forschungen berief, die Werke von Marcello Malpighi, Albrecht von Haller und Caspar Friedrich Wolff.

bewertet werden, inwiefern Pander die Entstehung des Embryos aus den drei Keimblättern verstand und worin Mängel seiner Forschungen und Ergebnisse begründet waren.

Des Weiteren soll erörtert werden, wie Panders neue, wissenschaftliche Arbeit durch seine interessierten Kollegen aufgenommen wurde. Es wird untersucht, inwiefern es weiteren Naturwissenschaftlern und Embryologieforschern, wie Karl Ernst von Baer,²³ Lorenz Oken²⁴ und Ignaz Döllinger²⁵, überhaupt möglich war, dessen revolutionäre Erkenntnisse zur Embryonalentwicklung des Huhns zu verstehen. Beispielhaft wird hieraus abgeleitet, wie tiefgreifend das Unverständnis war, auf welches Panders Werk stieß und worin dies begründet war.

Aus der Frage, inwieweit Pander die Bedeutung der Keimblatttheorie für die Embryonalentwicklung des Huhns verstanden hatte, leitet sich auch die Frage ab, wie er sich grundsätzlich die Entstehung des Lebens erklärte.²⁶ In der Gesamtschau seiner Forschungsarbeiten über entwicklungsgeschichtliche Fragestellungen, welche sich mit der Phylogenese und Ontogenese auseinandersetzten,²⁷ soll dieser Punkt kurz erörtert werden.

Abschließend gilt es, den Einfluss von Panders embryologischen Pionierwerk auf seinen Studienfreund Karl Ernst von Baer zu quantifizieren. Baer schloss sich mit seinen bedeutenden, wissenschaftlichen Errungenschaften auf dem Fachgebiet der Embryologie unmittelbar an Christian Heinrich Panders Pionierwerk an. Die Art und Weise, wie Baer die Erkenntnisse seines Studienfreunds für seine eigenen Forschungen gebrauchte, soll beispielhaft zeigen, wie wichtig Panders Arbeit für die Embryologieforschung des beginnenden 19. Jahrhunderts war. So wird der wissenschaftliche und

²³ Baer 1866, 192–203.

²⁴ Oken 1817, 1529–1540.

²⁵ Döllinger 1818a.

²⁶ Schmitt 2005.

²⁷ Schmuck 2011, 369–398.

private Austausch beider Freunde und Kollegen dargestellt,²⁸ sowie Baers Stellung zu Panders wissenschaftlicher Methodik und Ergebnissen erläutert wird.

²⁸ Knorre 1973, 89–116.

II. Materialien und Quellenlage

Der wissenschaftliche Wandel, welchen Döllinger in seinen embryologischen Forschungen durchlief, lässt sich zeitlich gut nachverfolgen. In Archivfundstücke aus dem Jahr 1804 erklärte Döllinger seine naturphilosophisch geprägte Lehrmeinung über die Vergleichende Anatomie, Physiologie und Entwicklungsgeschichte.²⁹ In Zusammenschau mit seinen folgenden Originalwerken^{30, 31, 32, 33} zu entwicklungsgeschichtlichen Fragestellungen lässt sich Döllingers Verständnis von Entwicklung charakterisieren.

Was die Lehren der Naturphilosophie Schellings belangt, so wird hier zur Erläuterung des Kontextes auf die einschlägige Fachliteratur eingegangen. Hierunter ist insbesondere Gerabeks umfassendes Werk über Schelling zu nennen, in welchem er die Würzburger Periode des Naturphilosophen ausführlich darlegte und analysierte.³⁴ Ebenso wurde der Einfluss Schellings Naturphilosophie auf Döllingers embryologische Forschungen bei Schmuck erörtert.³⁵

Außerdem wird zur Einordnung in den historischen Kontext aktuelle Fachliteratur über die Geschichte der Mikroskopie³⁶ und Physiologie³⁷ herangezogen. Hierbei sind unter anderem das Sammelwerk *„Geschichte der Biologie“*³⁸ von Jahn und Krauß und die Arbeit Bäumer-Schleinkofers *„Die Geschichte der beobachtenden Embryologie“*³⁹ zur Entstehung der Fachdisziplin der mikroskopischen Embryologie zu nennen. Der

²⁹ ARS: Archiv des Rektorats und Senats der Universität Würzburg 418 1804;

³⁰ Döllinger 1805.

³¹ Döllinger 1814a.

³² Döllinger 1814b.

³³ Döllinger 1816.

³⁴ Gerabek 1995.

³⁵ Schmuck 2010, 59–68.

³⁶ Freund/Berg 1963.

³⁷ Rotschuh 1953.

³⁸ Jahn/Krauß 2004.

³⁹ Bäumer-Schleinkofer 1993.

lokalhistorische Kontext des Anatomischen Instituts der Universität Würzburg wurde sehr übersichtlich bei Elze,⁴⁰ und äußerst umfassend bei Mettenleiter,⁴¹ dargestellt.

Wie es nun dazu kam, dass Pander unter Döllinger seine Forschungen aufnahm und D’Alton hierzu die Kupfertafeln fertigte, lässt sich teilweise aus dem Vorwort zu Baers Werk *„Über Entwicklungsgeschichte der Thiere“*⁴² und aus seiner Autobiographie⁴³ ableiten. Als zuverlässige Quelle über die damaligen Verhältnisse, unter denen Pander seine Untersuchungen begann, dienen auch der Briefwechsel zwischen Baer und Nees,⁴⁴ sowie Baers Briefe an seinen Freund Waldemar von Ditmar.⁴⁵ Die lokalhistorischen Gegebenheiten und Bedingungen, unter welchen Döllinger, D’Alton und Pander auf dem Gut des Botanikers Nees von Esenbeck in Sickershausen ihre Forschungen betrieben, wurden im Rahmen einer Museumsausstellung von Feisel und Falkenstein sehr schön aufgearbeitet.⁴⁶

Um Panders Techniken in der Mikroskopie und die hieraus resultierenden Beobachtungen der einzelnen Entwicklungsschritte, welche D’Alton in den beigegeführten Kupferstichen festhielt, zu analysieren, wird Bezug auf aktuelle Fachliteratur genommen. Was die naturwissenschaftliche Methodik der Mikroskopie betrifft, so wird hier Haus‘ Lehrbuch *„Optische Mikroskopie“*⁴⁷ als Quelle für die Darstellung des Gebrauchs des Lichtmikroskops heute genutzt, sowie auf Entstehungsgeschichte der Mikroskopie kurz eingegangen wird.

⁴⁰ Elze 1990.

⁴¹ Mettenleiter 2001.

⁴² Baer 1828, 5–9.

⁴³ Baer 1866, 192–203.

⁴⁴ Riha 2012.

⁴⁵ Schröder 1893.

⁴⁶ Falkenstein/Feisel 2017.

⁴⁷ Haus 2014b.

Das sehr umfassende Werk ,*The atlas of chick development*⁴⁸ über die Embryologie des Huhns ist eine sehr wichtige Sekundärquelle für aktuelle Untersuchungsmethoden am Hühnerembryo.⁴⁹ Außerdem finden sich in diesem Band zahlreiche licht- und raster-elektronenmikroskopische Aufnahmen des Hühnerembryos. Im Anhang ist eine, nach den Hamburger und Hamilton Stadien chronologisch sortierte, Bildserie der Embryonalentwicklung des Huhns abgebildet.⁵⁰ Auf diese Aufnahmen wird vergleichend in der Analyse der Kupferstiche des Künstlers D’Altons eingegangen.

Darüber hinaus ist Adelmanns ausführliche Erörterung von Malpighis embryologischen Gesamtwerk⁵¹ die Grundlage für den Vergleich zwischen Panders und Malpighis wissenschaftlicher Methodik.⁵² Im Anhang von Adelmanns Werk finden sich die gezeichneten Tafeln Malpighis, sowie Malpighis embryologisches Werk ins Englische übersetzt.⁵³ Folglich ist ein Vergleich von Malpighis Zeichnungen mit Panders Kupfer-tafeln möglich. Neben Malpighis Werk beleuchtete Adelman auch weitere, große Embryologieforscher in seinem Werk. Relevant für die Analyse Panders Arbeit sind hierunter Adelmanns Aufarbeitung von Wolffs, Hallers und Baers embryologischen Forschungsergebnissen zu nennen.^{54, 55}

Es gibt einige Primärquellen, welche sehr gut dafür genutzt werden können, die Re-aktionen Panders wissenschaftlicher Kollegen auf dessen neue Erkenntnisse nachzuvoll-ziehen. Die Bedeutung Panders Arbeit für die Embryologieforschung des beginnenden 19. Jahrhundert kann sehr anschaulich anhand Okens Veröffentlichungen in seiner Zeit-schrift ,*ISIS*‘ herausgearbeitet werden.⁵⁶ Anhand Okens Diskussion von Panders

⁴⁸ Bellairs/Osmond 2014.

⁴⁹ Ebd., 7–14.

⁵⁰ Ebd., 603–621.

⁵¹ Adelman 1966a, 833–840.

⁵² Ebd., 833.

⁵³ Ebd., 932–1013.

⁵⁴ Adelman 1966b, 1016–1526.

⁵⁵ Adelman 1966c, 1527–1739.

⁵⁶ Oken 1817, 1529–1540.

Forschungsergebnissen können beispielhaft die Verständnisschwierigkeiten, auf welche Panders embryologischer Thesen stießen, dargelegt werden. Besonders interessant in Bezug auf die Frage, inwiefern Pander selbst die einzelnen Entwicklungsschritte der Organogenese des Embryos verstanden hatte, ist sein Antwortbrief auf Okens Beitrag in der ‚ISIS‘.⁵⁷ Diesem Brief legte Pander eine weitere, neu angefertigte ‚Tafel der Ideellen Zeichnungen‘ bei.⁵⁸

Mit großem Interesse verfolgte Karl Ernst von Baer die Anfänge von Panders embryologischen Forschungen, wie aus dem Briefwechsel zwischen Baer und Nees,⁵⁹ sowie zwischen Baer und seinem Jugendfreund Waldemar von Ditmar, deutlich wird.⁶⁰ Ebenso widmete Baer sein späteres, embryologisches Werk über Entstehungsgeschichte der Tiere seinem Jugendfreund Pander⁶¹ und verwies auch in seiner Autobiographie immer wieder auf die embryologische Pionierleistung seines Studienfreundes.⁶²

Panders Doktorvater Ignaz Döllinger nutzte die neuen Entdeckungen Panders und wandte sie praktisch an, wie aus Döllingers Analyse von Malpighis Darstellung der frühen Stadien der Embryonalentwicklung deutlich wird.⁶³ Dabei setzte Döllinger die Erkenntnisse seines Schülers Pander als Referenz fest, anhand welcher er einen Vergleich mit Malpighis Tafeln und Erläuterungen durchführte.

Panders Erstbegründung der Keimblatttheorie beschrieb bereits Schmuck in seinem Werk ‚Baltische Genesis‘, wobei er allerdings nicht auf die differenzierten, einzelnen, morphologischen Prozesse der Organogenese aus der jeweiligen Keimschicht einging.⁶⁴

⁵⁷ Pander 1818, 512–524.

⁵⁸ Ebd., 521-523: Tafel der ideellen Durchschnitte.

⁵⁹ Riha 2012.

⁶⁰ Schröder 1893, 264–281.

⁶¹ Baer 1828, 5–7.

⁶² Baer 1866, 192.203.

⁶³ Döllinger 1818a.

⁶⁴ Schmuck 2010, 84-86;: Ein Beispiel für die orientierende Auslegung Panders Beschreibung der Keimblatttheorie, die nicht die differenzierten Schritte der Organogenese berücksichtigt findet sich hier.

Schmuck setzte seinen Fokus hier mehr auf Panders naturphilosophisch und metaphysisch geprägte Motive, welche den jungen Embryologieforscher bei seiner Formulierung der Keimblatttheorie beeinflussten und diskutierte Panders Standpunkt zu den Lehren der Epigenese und Präformation.⁶⁵ Schmuck vertiefte seine Analyse, was Pander unter Entwicklung im Allgemeinen verstand, in seinem Werk zu Panders vergleichenden, osteologischen Studien.⁶⁶

Auch in Schmitts Aufsatz findet sich eine sehr übersichtliche Darstellung von Panders entwicklungsgeschichtlichen Gesamtwerk und seinen einschlägigen, wissenschaftlichen Erkenntnissen. Darüber hinaus umriss Schmitt kurz, inwiefern Pander gewisse Teile der Keimblatttheorie nicht gänzlich verstanden hatten. Auch hier findet sich eine Analyse der Frage, was Pander unter Entwicklung verstand und welches naturphilosophisch beeinflusste Verständnis ihn hierbei prägte.⁶⁷

Die Fragen, wie genau es Pander gelang, wissenschaftlich und empirisch betrachtet, die Keimblatttheorie auszuformulieren und wie tiefgreifend er die einzelnen Schritte der Embryonalentwicklung des Huhns verstand, sind allerdings sehr wichtige Faktoren in der Beurteilung Panders Errungenschaften für das Fachgebiet der Embryologie. Beide Autoren berühren die wissenschaftliche Aufarbeitung der auf den Tafeln dargestellten Entwicklungsprozesse, im Vergleich zur Reichweite von Panders Verständnis der Entstehung des Hühnerembryos aus den Keimblättern, nicht tiefgreifend genug, sodass sich eine erneute Analyse der Primärquellen hier lohnt. Hierfür soll Panders ursprüngliche *„Dissertatio“*⁶⁸ und seine deutschsprachige Veröffentlichung, die *„Beiträge“*⁶⁹, analysiert werden. Auch Panders Antwortbrief auf Okens Kritik in der Zeitschrift *„ISIS“* gibt Aufschluss über Panders Verständnis der Embryonalentwicklung.⁷⁰ Ergänzend hierzu wird

⁶⁵ Ebd., 86–114.

⁶⁶ Schmuck 2011.

⁶⁷ Schmitt 2005.

⁶⁸ Pander 1817b.

⁶⁹ Pander 1817a.

⁷⁰ Pander 1818, 512–524.

Adelmanns Besprechung von Panders Arbeit hinzugezogen, da Adelmann eine so umfassende, vergleichende Analyse verschiedener, embryologischer Arbeiten des 17. Bis 19. Jahrhunderts verfasste,^{71,72} dass es notwendig ist, seine fundierten Erkenntnisse zu Christian Heinrich Panders embryologischen Werks in die abschließende Beantwortung der obengenannten Fragestellung miteinzubeziehen.

Sehr aufschlussreich über Panders Verständnis von der Entwicklung des Lebewesens und der Entstehung der Arten ist Schmucks Aufsatz ‚*Metamorphosen*‘, da er Panders embryologische Arbeiten mit seinen späteren, osteologischen Studien in Verbindung bringt.⁷³ Ergänzend hierzu wird erneut darauf eingegangen, inwiefern Pander versuchte, die Entstehung des Embryos, metaphysisch gesehen, in seinen ‚*Beiträgen*‘ zu erklären.⁷⁴ Im Sinne dieses ganzheitlichen Ansatzes, Phylogenese und Ontogenese gemeinsam zu untersuchen, soll auch kurz auf die entsprechende Werke von Panders Doktorvater Döllinger eingegangen werden. Da Döllinger in seinen entwicklungsgeschichtlichen Forschungen forderte, Phylogenese und Ontogenese gemeinsam zu betrachten, muss dies auch bei Panders Verständnis von Entwicklung berücksichtigt werden.^{75, 76}

Letztendlich wird die wissenschaftliche Tragweite Panders embryologischer Arbeit durch den weiteren Erfolg seines Studienfreundes Karl Ernst von Baer deutlich,⁷⁷ welcher sich eindeutig auf Panders Arbeit berief.⁷⁸ Daher soll der Briefaustausch zwischen beiden Freunden und Kollegen näher betrachtet werden, um so den wissenschaftlichen Austausch analysieren zu können.⁷⁹

⁷¹ Adelmann 1966b, 1016–1526.

⁷² Adelmann 1966c, 1527–1739.

⁷³ Schmuck 2011, 369–398.

⁷⁴ Pander 1817a.

⁷⁵ Döllinger 1805.

⁷⁶ Döllinger 1814b.

⁷⁷ Bäumer-Schleinkofer 1993, 228–232.

⁷⁸ Baer 1828, 5–7.

⁷⁹ Knorre 1973, 89–116.

C. Embryologieforschung um 1800

I. Der naturwissenschaftliche Hintergrund in Deutschland um 1800

1. Vertretene Hypothesen zur Entwicklung des Embryos um 1800

Im folgenden Abschnitt soll die Entwicklung der Naturwissenschaften im zeitgenössischen Kontext dargestellt werden. Dabei gilt es, den relevanten Zeitraum, von der Mitte des 18. Jahrhunderts bis hin zur Mitte des 19. Jahrhunderts, zu beleuchten, da hier sowohl wissenschaftliches Arbeiten als auch theologische und philosophische Prinzipien, einem ausgeprägten Wandel unterlagen. Dies war für das Wirken von Ignaz Döllinger und Christian Heinrich Pander von großer Bedeutung.

In der Zeit der Frühaufklärung, von der Mitte des 17. Jahrhundert bis zum beginnenden 18. Jahrhundert, war im deutschsprachigen Raum vor allem das mechanistische Prinzip nach René du Perron Descartes (1596-1650) unter Naturwissenschaftlern vertreten, wonach jedes Lebewesen in automatische, maschinelle Bestandteile zergliedert werden konnte. Des Weiteren vertrat er das Modell des Dualismus, in dem der Körper und das Sein, neben Gott, die das Leben bestimmenden Kräfte sind.⁸⁰

In Verbindung mit Galileis physikalischen und mathematischen Erkenntnissen fand dies bald in die Medizin als Iatromechanik Einzug, da die Lehre der Heilkunde damals regelhaft mit der Erörterung naturwissenschaftlicher Fragen verknüpft war. Außerdem formierte sich gegen Ende des 17. Jahrhunderts der Begriff der Vergleichenden Anatomie, da es nötig war, über genaue anatomische Kenntnisse des Organismus zu verfügen, um dadurch mechanische und mathematische Thesen formulieren zu können.⁸¹

⁸⁰ Jahn 2004f, 196–197.

⁸¹ Ebd., 198.

Die wachsenden Erkenntnisse in den Naturwissenschaften veränderten nicht nur diese selbst nachhaltig, sondern beeinflussten ebenso die Medizin. So kam es dazu, dass das bisher gültige „*hippokratisch-aristotelische-galenische*“⁸² Verständnis von Krankheit verloren ging. Stattdessen bevorzugte man nun, die Lehre der Funktion des menschlichen Körpers, ob krank oder gesund, durch mechanische und mathematische Ansätze zu erklären. Diese Ansicht wiederum wurde um 1760 verworfen.⁸³

Erst formierte sich, im Gegensatz zum mechanistischen Ansatz, der Psychovitalismus nach Ernst Georg Stahl (1660-1734), nach welchem die Seele alle Vorgänge des organischen Lebens lenkte. Später wurde diese allerdings durch Albrecht von Hallers Theorie der Irritabilität und Sensibilität abgelöst. Hierin ordnete Haller bestimmten Geweben des Organismus individuelle Eigenschaften zu, durch welche die Lebensfähigkeit dieser spezifischen Gewebe bestimmt wurde.⁸⁴

Im Zeitalter der Aufklärung, Mitte des 18. Jahrhunderts, kam man immer mehr von der bestimmenden Rolle der Theologie für die Naturwissenschaften ab, während man gleichzeitig in neuen, philosophischen Strömungen die Erkenntnis für Naturforschung suchte, oder begründete.⁸⁵

Naturwissenschaftliche und philosophische Fragestellungen, nach der Entstehung des Lebens und der Einordnung des Organismus in ein höheres Klassifikationssystem, konnten durch bloße Beobachtung und Feldstudien nicht ausreichend beantwortet werden. Daher begannen die ersten Experimente, man führte beispielsweise die ersten künstlichen Befruchtungen durch. In ihren embryologischen Studien versuchten Naturforscher während der Zeit der Aufklärung, den Grund des Lebens zu verstehen. Dadurch

⁸² Gerabek 1995, 45.

⁸³ Ebd.,45.

⁸⁴ Jahn 2004f, 234.

⁸⁵ Ebd., 231.

gewann die embryologische Forschung als naturwissenschaftlicher, eigenständiger Bereich an Bedeutung.⁸⁶

Aus diesen embryologischen Untersuchungen ergaben sich bald zwei gegensätzliche Theorien der Ontogenese, nämlich die Präformation und die Epigenese. Unter Präformation verstanden Naturforscher, dass der Körper des werdenden Embryos bereits vollständig ausgebildet war, oder zumindest, dass die Strukturen dessen von vornherein existierten, sodass jene sich nur noch völlig ausbilden mussten.⁸⁷ Die Präformationslehre ließ sich darüber hinaus in zwei Abteilungen untergliedern, zum einen in die These der Panspermie, wonach vorgeformte Keime bereits überall in der Umwelt zu finden waren. Zum anderen in die Theorie, dass ein bereits ausgeformter Embryo dem betreffenden Elternteil innewohnte. Letztere ließ sich in Animalkulisten, sowie Ovisten unterteilen. Die Animalkulisten nahmen an, dass der schon voll ausgestaltete Keim den Spermatozoen innewohnte, während die Ovisten davon ausgingen, dass dieser im Ei lebte.⁸⁸

Die zentrale Vorstellung der Epigenese war, dass der Organismus sich aus einer zunächst amorphen Substanz formte, was durch den Bildungstrieb, wie ihn Blumenbach postulierte, oder durch die Wesentliche Kraft nach Wolff zu erklären war. Sie verneinte also das Vorhandensein eines bereits ausgeformten Lebewesens und ging von der schrittweisen Neuentwicklung aus.⁸⁹ Nach welchen Stufen diese Entwicklung verlief und wie sie in das Gesamtbild der Natur einzuordnen war, bildete einen Schwerpunkt der Naturphilosophie, auf die später noch gesondert eingegangen werden soll.⁹⁰

Allerdings gab es damals schon zahlreiche, widersprüchliche Ergebnisse der Untersuchungen der Embryonen, wie Regenerationserscheinungen, Missbildungen und die

⁸⁶ Ebd., 254–255.

⁸⁷ Sarasin/Sommer 2015, 67.

⁸⁸ Gerabek 1995, 68–69.

⁸⁹ Mc Laughlin 1982, 365.

⁹⁰ Gerabek 1995, 70–73.

Vererbung von Merkmalen beider Elternteile, was es erschwerte, die Theorie der Präformation zu verteidigen. Denn warum sollte es einen fertig angelegten Plan geben, wonach sich missgestaltete Lebewesen formten? So wurde es immer gewagter, diese Theorie mit rationalen Argumenten zu halten.⁹¹

Daher rückte die Epigenese mehr in den naturwissenschaftlichen Vordergrund und die Theorie, wie die Entstehung des Lebens abschließend zu erklären war, wurde unweigerlich zu einer zentralen Streitfrage unter Naturwissenschaftlern und Philosophen dieser Zeit. Die beiden wichtigsten Vertreter der jeweiligen Ontogenesetheorien waren wohl Albrecht von Haller und Caspar Friedrich Wolff. Während Haller, obgleich er zeitweise an der Präformationstheorie zweifelte, letztendlich Anhänger dergleichen war, vertrat Wolff die Theorie der Epigenese.⁹² Einer der bekanntesten Naturforscher, die ebenso von der Theorie der Epigenese überzeugt waren, findet sich in dem Göttinger Gelehrten Johann Friedrich Blumenbach (1752-1840).⁹³ Er postulierte den Begriff des Bildungstrieb, nach welchem die Entstehung des Lebens in ihrem Beginn und in ihrer fortschreitenden Entwicklung bestimmt war.⁹⁴ Damit war Embryologieforschung um 1800 ein sehr umstrittenes Fachgebiet, sowohl aus naturwissenschaftlicher Sicht als auch aus philosophischer Überzeugung.

2. Vertiefung ausgewählter Hypothesen

Im nächsten Abschnitt werden ausgewählte Naturwissenschaftler und deren embryologische Forschungsergebnisse näher betrachtet, da sowohl Döllinger als auch Pander sich mit der damaligen, einschlägigen Fachliteratur im Bereich Embryologie intensiv beschäftigt hatten. Ein Schwerpunkt soll hierbei auf den wichtigsten Vertretern der Epigenese und Präformation liegen. Dies ist für die Arbeiten von Pander und Döllinger insofern relevant, dass sich diese in Bezug auf damals naturphilosophisch

⁹¹ Jahn 2004f, 258–259.

⁹² Bäumer-Schleinkofer 1993, 195.

⁹³ Gerabek 1995, 70.

⁹⁴ Jahn 2004f, 269.

geprägte Embryologieforschung leichter einordnen lassen. Ebenso lassen sich Panders Ergebnisse anschließend verständlicher mit dem damals aktuellen Forschungsstand abgleichen.

a. Epigenese und Präformation

i. Marcello Malpighi

Marcello Malpighi (1628-1694) studierte Medizin an der Universität von Bologna und wird heute der „Begründer der mikroskopischen Anatomie“⁹⁵ genannt. Denn Malpighi war damals einer der ersten Naturforscher, der mit Hilfe der Mikroskopie die frühe Embryonalentwicklung des Huhns erforschte. Seine Methodik in der Präparation der Eier war besonders, da er die Keimscheibe vom Dotter abtrennte, um diese anschließend zu untersuchen, wobei ihm selbst damals der Begriff der Keimscheibe noch nicht geläufig war.⁹⁶ Allerdings ist es bis heute unbekannt, welche Mikroskope und Vergrößerungen er benutzte.⁹⁷ Marcello Malpighi hinterließ mit seinen zwei Werken über die Hühnerembryologie ‚*De formatione pulli in ovo*‘ und ‚*Appendix repetitas auctasque de ovo incubato observationes continens*‘ ausführliche, naturwissenschaftliche Abhandlungen, auf die sich nachfolgende Forscher der Embryologie berufen konnten.⁹⁸

Zu den ausschlaggebenden, naturwissenschaftlichen Errungenschaften Malpighis zählt zuerst seine verbesserte Methodik, die Keimscheibe isoliert von der Dotterkugel unter dem Mikroskop zu betrachten. Hierdurch gelang es Malpighi, große Fortschritte in der Beschreibung und graphischen Darstellung frühen Embryonalentwicklungsperiode zu erzielen. Er beschrieb bereits die Keimscheibe rein topographisch und anatomisch, wenngleich ihm das Verständnis der Funktion derselben unerschlossen blieb. Was die weiteren Schritte der Organogenese betrifft, so ist hier Malpighis Beitrag

⁹⁵ Jahn 2004e, 895.

⁹⁶ Adelman 1966a, 833.

⁹⁷ Ebd., 828.

⁹⁸ Ebd., 932–981.

zur Entstehung des kardiovaskulären Systems des Embryos als wichtigster Teil seines Werks zu bewerten. Auch zur Entwicklung des zentralen Nervensystems fertigte er hervorragende Abbildungen an. Wissenschaftlich gesehen, gelang es Malpighi insgesamt, ein qualitativ sehr hochwertiges Werk zu veröffentlichen.⁹⁹

Außerdem gilt es, bei der Betrachtung seiner embryologischen Arbeit zu beachten, dass Malpighi selbst nie eine eigene Theorie zu der Entstehung des Lebens postulierte und die nachträgliche Zuordnung zur Präformationslehre lediglich auf der Interpretation von Teilen seiner Arbeit beruhte.¹⁰⁰ Um zu analysieren, was Malpighi tatsächlich unter der Entstehung des Lebens verstand, soll kurz auf die Interpretationen von Adelman¹⁰¹ und Bäumer-Schleinkofer eingegangen werden.¹⁰² Beide Autoren überzeugten mit stichhaltigen Argumenten, dass Malpighi eher an eine epigenetische Formung des Keims, als an einen präformierten Keim glaubte.

In seiner Abhandlung zu Malpighis embryologischen Forschungen betonte Adelman, dass Malpighi allein in der objektiven und präzisen Beobachtung der Natur versuchte, diese zu verstehen. Dabei war er stets bemüht, nicht vorschnell Schlüsse zu ziehen und unumstößliche, philosophische Grundsätze zu formulieren, oder bereits autoritär vertretenen Thesen der Naturwissenschaft zu folgen.¹⁰³

Zum einen argumentierte Adelman, dass Malpighi verteilt über sein ganzes Werk immer nur lose Anmerkungen über die Ursache der Entstehung des Lebens machte. Wenn er allerdings von bereits existierenden, anders ausgelegt, präformierten, Embryonen sprach, betrachtete er stets schon bebrütete Eier, deren bereits

⁹⁹ Bäumer-Schleinkofer 1993, 142–144.

¹⁰⁰ Ebd., 127–129.

¹⁰¹ Adelman 1966a.

¹⁰² Bäumer-Schleinkofer 1993.

¹⁰³ Adelman 1966a, 819–820.

fortgeschrittenes Entwicklungsalter ihm unbekannt war.¹⁰⁴ Was die Befruchtung des Eis und dessen weiteren Weg anging, so schrieb er, dass das Ei sich nach den Prinzipien der Bildung zu entfalten begann.¹⁰⁵ Diese Aussage könnte man ebenso als Bildungstrieb interpretieren. Auch Adelman kam zu dem Schluss, dass Malpighi aufgrund seiner Aufzeichnungen den Anhängern der Epigenese zugeordnet werden müsste.¹⁰⁶

Malpighi beschrieb, dass man im bereits bebrüteten Ei das Tier schon fast völlig entwickelt auffand und die wissenschaftliche Beobachtung für den Ursprung des Lebens daher zu spät kam. Ebendiese Aussage, dass man im Ei ein bereits fortgeschritten entwickeltes Küken vorfand, wurde dazu genutzt, Malpighi nachträglich den Anhängern der Präformation zuzuordnen. Die Autorin Bäumer-Schleinkofer legte diese Aussage ganz in Malpighis rein rationaler, beobachtender Arbeitsweise anders aus. Indem man erst späte Stadien des Hühnerembryos betrachtete, war es selbstverständlich nicht mehr möglich, die Anfänge der Entstehung des Organismus zu untersuchen. Da hieraus folgt, dass der Wissenschaftler erst späte Stadien zu sehen vermochte, ist nicht davon auszugehen, dass Malpighi mit der Beschreibung eines voll ausgebildeten Hühnchens im Ei einen präformierten Keim meinte und dass er, sein Werk insgesamt betrachtend, eher von einer epigenetischen Entstehung des Embryos ausging.¹⁰⁷

ii. Albrecht von Haller

Albrecht von Haller (1708-1777) studierte Philosophie und Naturwissenschaften an der Universität Tübingen ab 1723. Im Jahr 1725 nahm er sein Medizinstudium an der Universität Leiden in den Niederlanden auf. Er führte als Arzt anatomische Studien durch und trug maßgeblich zum Aufbau des Anatomischen Theaters in Basel bei.

¹⁰⁴ Ebd., 260–270: Im Kapitel ‚*Views on pre-existence*‘ diskutierte Adelman ausführlich Marcello Malpighis sporadische Anmerkungen zur anfänglichen Bildung des Embryos und bringt zahlreiche Beispiele aus dessen Werk, die dessen Überzeugung von der Epigenese des Embryos belegen.

¹⁰⁵ Ebd., 261.

¹⁰⁶ Ebd., 886.

¹⁰⁷ Bäumer-Schleinkofer 1993, 130–131.

Anschließend wurde er 1736 als Professor für Botanik, Anatomie und Physiologie an die neu gegründete Universität Göttingen berufen.¹⁰⁸

In seinen physiologischen Forschungen berief er sich stets auf die Anatomie, um die Fragen nach der Funktion bestimmter Organe beantworten zu können. Was seine wissenschaftliche Methodik anbelangte, befürwortete er Vivisektionen und begründete im Jahr 1752, beruhend auf diesen Untersuchungen, die Theorie von Sensibilität und Irritabilität in seinem Werk *„Über die empfindlichen und reizbaren Teile des Körpers“*.¹⁰⁹

Seine embryologischen Studien waren zunächst als Schüler Boerhaaves während seines Studiums in den Niederlanden von der animalculistischen Präformationslehre beeinflusst worden. Nachdem er eigene, umfassende Experimente in den Bereichen der Physiologie und Embryologie getätigt hatte, vertrat er allerdings den Standpunkt der Ovisiten. Nach deren Ansicht war im Ei der präformierte Keim zu finden. Zudem galt er als sehr religiös und vertrat ein mechanistisches Weltbild, laut dem alles einer strengen, mechanischen Ordnung folgte. Die höchste Instanz stellte hierbei Gott dar, der die Welt einmal unveränderlich erschaffen hatte. Demnach passte die Vermutung, den Ursprung des Lebens in einem präformierten Keim zu suchen, sehr gut zu seinem Weltbild.¹¹⁰

Die Theorie der Präformation belegte er im Jahr 1757 in seinem Werk *„Sur la formation du coeur dans la poule“*, indem er die Umbildung der verschiedenen, embryonalen Gewebe aus bereits bestehenden Anlagen beschrieb.¹¹¹ Der ausschlaggebende Beweis für diese differenziertere Theorie der Präformation war laut Haller die Bildung des Herzens, das sich bloß aus vorgeformter, bereits existierender Materie nur umbildete. Danach trieb das Herz die weitere Umformung aller anderen Organe an.¹¹² Außerdem glaubte er, die Membrankontinuität des Embryos entdeckt zu haben, wonach die Haut

¹⁰⁸ Jahn 2004d, 842.

¹⁰⁹ Rotschuh 1953, 79.

¹¹⁰ Ebd.

¹¹¹ Bäumer-Schleinkofer 1993, 178.

¹¹² Ebd.

des Dottersacks mit den Gedärmen schon immer verschmolzen war. Dies legte er wiederum als Beweis aus, dass im Ei der präformierte Keim zu finden war, da es nach Hallers Verständnis durch diese Hautverhältnisse unmöglich war, dass der Embryo jemals ohne Ei gewesen war.¹¹³

Bemerkenswert ist, dass Haller von einer Umformung bereits bestehender Anlagen sprach. Insofern unterschied er sich von anderen Vertretern der Präformation, die den Ursprung des Lebens mit bereits voll ausgebildeten Keimen zu erklären suchten.¹¹⁴ In Besondere m gilt es bei der Betrachtung seiner naturwissenschaftlichen Arbeitsweise zu beachten, dass Haller bei seiner Arbeit keine ausreichend vergrößernde Mikroskope nutzte.¹¹⁵ Somit blieben ihm die frühen Stadien der Embryonalentwicklung, in welcher sich die Keimblätter formen, verborgen. Vertreter der Epigenese aber sahen gerade in dieser Gliederung von Strukturen aus einer amorphen Substanz, die sich während den frühen Phasen der Embryonalentwicklung vollzieht, die Präformation als widerlegt an.¹¹⁶

iii. Caspar Friedrich Wolff

Caspar Friedrich Wolff, der in Berlin und Halle an der Saale studiert hatte, promovierte 1759 in Halle mit seiner Dissertation ‚*Theoria generationis*‘. In dieser versuchte er, die Theorie der Präformation zu widerlegen.¹¹⁷ Dabei war seine Motivation zunächst vor allem philosophisch begründet, da er von einer ‚*Ganzheitsstruktur aller Organismen und deren zielgerichteter, sinnvoller Entwicklung*‘¹¹⁸ ausging. Der Ursprung für diese Entwicklung lag für Wolff in der *vis essentialis*, der Wesentlichen Kraft. Sie verursachte die Neubildung bestimmter Strukturen aus einer anfänglich

¹¹³ Ebd., 189.

¹¹⁴ Ebd., 188–189.

¹¹⁵ Ebd., 176–179.

¹¹⁶ Schmuck 2010, 106–107.

¹¹⁷ Bäumer-Schleinkofer 1993, 195.

¹¹⁸ Gerabek 1995, 68.

ungeformten Masse.¹¹⁹ Weniger in Wolffs embryologischen Arbeiten, als in seinem philosophischen Standpunkt, ein allgemein gültiges Modell für die Entwicklung der Flora und Fauna aufzustellen, fand die Naturphilosophie, insbesondere Wilhelm Joseph Schelling, ihren Anreiz, Wolffs Thesen in philosophischen Lehren zu integrieren.¹²⁰

Die Streitfrage, ob nun Präformation oder Epigenese zuträfen, regte Caspar Friedrich Wolff vermutlich zu weiteren, embryologischen Forschungen an. Denn bislang war die Epigenese nur rein spekulativ erörtert worden, ein experimenteller Beleg fehlte.¹²¹ Wolffs Arbeitsweise unterschied sich von der bisherigen Vorgehensweise insofern, dass er den Keim bereits in sehr frühen Entwicklungsstadien betrachtete. Hierbei sah er bereits Zellen, wobei dieser Begriff zu Wolffs Zeit noch nicht geläufig war.¹²² Auch Malpighi hatte bereits die Keimscheibe des Hühnerembryos unter dem Mikroskop betrachtet, hatte selbst jedoch nie klar eine eigenständige und ursächlich erklärende These zur Embryonalentwicklung verfasst.¹²³

Da Wolff bemüht war, exakt und objektiv zu arbeiten,¹²⁴ was einer rationalen, naturwissenschaftlichen Forschungsarbeit entsprach, gelang es ihm, stichhaltige Argumente gegen die Präformationstheorie zu formulieren. Seine wichtigste Arbeit stellte hierbei wohl seine Schrift über die Entwicklung des Darmkanals im Hühnchen dar. Hierin vermochte Wolff die vorab von Haller beschriebene These der Membrankontinuität zu widerlegen.¹²⁵ Obwohl Wolff eine präzise, wissenschaftliche Methodik verfolgte, kritisierte ihn von Albrecht von Haller scharf und lehnte Wolffs Theorie der Epigenese ab.¹²⁶ Trotz seines umfassenden, embryologischen Werks gelangte er erst nach seinem

¹¹⁹ Ebd., 69–70.

¹²⁰ Ebd., 68–70.

¹²¹ Jahn 2004f, 260–263.

¹²² Ebd., 265.

¹²³ Bäumer-Schleinkofer 1993, 127.

¹²⁴ Gerabek 1995, 73.

¹²⁵ Bäumer-Schleinkofer 1993, 205–210: Hier findet sich eine ausführliche Diskussion von Wolffs Ergebnissen.

¹²⁶ Jahn 2004f, 266.

Tod zu wissenschaftlicher Anerkennung, nachdem seine Arbeit über die Entwicklung des Darmkanals im Hühnerembryo im Jahr 1812 deutschsprachig von Meckel erneut veröffentlicht worden war.¹²⁷ Dies führte dazu, dass es zu Wolffs Lebzeiten nur wenige Verfechter der Epigenese gab.¹²⁸

iv. Johann Friedrich Blumenbach

Johann Friedrich Blumenbach, ab dem Jahr 1778 Professor für Medizin und Arzneiwissenschaften in Göttingen¹²⁹, war Anatom und Physiologe. 1781 führte in seiner Veröffentlichung ‚*Über den Bildungstrieb und das Zeugungsgeschäft*‘ den Begriff des Bildungstriebes in die Embryologieforschung ein, wobei seine Definition hiervon philosophisch begründet war.¹³⁰ Zu seiner Überzeugung gelangte Blumenbach über anatomische Studien.¹³¹ Hiermit bezog er klar Stellung gegen die Präformation.¹³² Nach der Auffassung Blumenbachs war der Bildungstrieb die Ursache der Entwicklung, sowie er die Richtung dergleichen vorgab.¹³³

Alle obengenannten Embryologieforscher fanden Erwähnung als hinzugezogene Literatur Panders Dissertation.^{134,135,136} Hieraus ergibt sich, dass Pander sich mit den verschiedenen Ansichten der Naturwissenschaftler während seiner eigenen Studien

¹²⁷ Gerabek 1995, 73.

¹²⁸ Jahn 2001, 98.

¹²⁹ Heklau/Schmidt 2004, 780.

¹³⁰ Mc Laughlin 1982: Eine genaue Definition, was der Bildungstrieb für Blumenbach bedeutete und eine Diskussion zur Abgrenzung der ‚*vis essentialis*‘ bei Wolff finden sich hier.

¹³¹ Jahn 2004f, 269.

¹³² Gerabek 1995, 70.

¹³³ Mc Laughlin 1982, 365–366.

¹³⁴ Pander 1817a, 6 (15 im PDF): „[...]was auch immer Merkwürdiges in der Folge sich zutragen mag, so ist es nie für etwas Anders, als eine Metamorphose dieser mit unerschöpflichen Fülle des Bildungstriebes begabten Membran und ihrer Blätter anzusehen.“

¹³⁵ Ebd., 6: Haller und Wolff werden unter anderem hier erwähnt: „Kaum dünkt es uns nothwendig zu erinnern, daß man diese beiden Schichten [zweischichtiges Keimblatt] einer Haut nicht mit Wolffs äußerer und innerer Dotterhat [...] verwechseln dürfe, da hier von etwas die Rede ist, was Wolff nur ahndete und Haller leise berührte.“

¹³⁶ Ebd., 7: Malpighi wird unter anderem hier erwähnt: „[...] wodurch der vortreffliche Malpighi zu verschiedenen sonderbaren Angaben und Abbildungen veranlaßt wurde.“

auseinandergesetzt hatte. Die verschiedenen Ansätze, wie die Entstehung des Embryos metaphysisch zu erklären war, beeinflussten vermutlich auch den jungen Embryologieforscher Pander in der Bewertung seiner Forschungsergebnisse in Bezug auf Epigenese und Präformation. Natürlich fiel Ignaz Döllinger hierbei als seinem direkten Betreuer eine besondere Rolle zu, weshalb es von größter Bedeutung ist, dessen eigene Position, was naturphilosophisch geprägte Forschung betraf, zu klären. Um diese Frage diskutieren zu können, soll als nächster Schritt der Einzug der Naturphilosophie 1803 nach Würzburg, in der Person von Wilhelm Joseph Schelling, dargelegt werden. Dieser zählte bedeutende Würzburger Ärzte und Naturforscher, darunter eben Ignaz Döllinger, zu seinem Freundeskreis.¹³⁷

¹³⁷Gerabek 1995, 105–333. S. hier zu Schellings Würzburger Periode und Freundeskreis.

II. Vertreter der verschiedenen Hypothesen zur Bildung des Embryos in Würzburg 1800 bis 1818

1. Naturphilosophie um 1800 in Würzburg

a. Friedrich Wilhelm Joseph Schelling: Einführung in die Grundprinzipien der Naturphilosophie

Nach dem Übergang von Würzburg an Bayern im Jahr 1802 wurde die Neuorganisation der Universität Würzburg durchgeführt. Die bayerische Regierung strebte danach, die Universität weniger vom katholischen Klerus lenken zu lassen, sondern mehr Professoren zu beschäftigen, die protestantischer Konfession waren und einen „*aufgeklärten Geist*“¹³⁸ besaßen. So kam es schließlich, dass Schelling nach Würzburg berufen wurde. Am 05. Oktober 1803 wurde die Universität dann darüber informiert, dass Schelling diesem Ruf Folge leistete und fortan Philosophie in Würzburg lehren sollte.¹³⁹

Die Neuordnung der Universität bewirkte vor allem, dass die Fakultäten durch zwei Hauptklassen ersetzt wurden, die jeweils in vier Sektionen untergliedert waren. Unter der ersten Hauptklasse waren ‚*Allgemeinen Wissenschaften*‘ zusammengefasst, die unabhängig vom Stand studiert werden konnten und jene der ‚*Besondern Wissenschaften*‘, welche angehenden Staatsdienern vorbehalten waren. Die Sektion der Philosophie war den ‚*Allgemeinen Wissenschaften*‘ und die Sektion der Heilkunde war den ‚*Besondern Wissenschaften*‘ untergeordnet.¹⁴⁰

Was Schellings Vorlesungsinhalte und sein Wirken in Würzburg betraf, so findet sich hier bei Gerabeks Studien zu Schellings Würzburger Zeit ein umfassendes Bild gezeichnet.¹⁴¹ Zum besseren Verständnis wird der Begriff der Naturphilosophie, wie ihn

¹³⁸ Ebd., 115.

¹³⁹ Ebd., 112–151.

¹⁴⁰ Ebd., 118–120.

¹⁴¹ Ebd., 105–333.

Schelling verstand, anschließend erläutert. Dabei soll das Grundsystem seiner Philosophie dargestellt werden, da dies die Naturforschung von 1800 bis 1815 maßgeblich beeinflusste.¹⁴² Folglich lassen sich die Veröffentlichungen Würzburger Naturforscher, insbesondere die Ignaz Döllingers und Christian Heinrich Panders, besser verständlich auf solche naturphilosophischen Gedanken untersuchen.

Ausgehend von dem Standpunkt, dass Natur und Geist einander entgegengesetzt sind, baute Schelling sein naturphilosophisches System auf. Dieses Problem der grundlegenden Gegensätzlichkeit beantwortete er, indem er Natur und Geist als eine Einheit betrachtete.¹⁴³ Alle Naturprozesse waren durch das Wirken von gegensätzlichen Kräften zu erklären.¹⁴⁴ Die grundlegende Einheit von Natur und Geist allerdings schien nur in der menschlichen, oberflächlichen Naturbetrachtung getrennt voneinander. Basierend auf diesem Einheitsgedanken war die gesamte Welt als ein Organismus zu sehen, deren zunächst auffallende Verschiedenheit sich „auf Ideen, die sich in Naturerscheinungen manifestierten“¹⁴⁵, begründete. Aufgrund jener Einheit mussten folglich für alle Organismen die gleichen Gesetze gelten. In der Naturbetrachtung suchte der Naturphilosoph nach der Begründung eben dieser Gesetze.¹⁴⁶

Anhand der Betrachtung der „objektiven Natur“¹⁴⁷ begründete Schelling seine naturphilosophischen Gedanken. Durch die Erforschung der realen Natur sollte diese in ein allgemein gültiges Stufenmodell eingeordnet werden. Das Stufenmodell wiederum unterlag den Grundprinzipien der allgemeinen Natur. Hierzu gehörten die grundlegende Einheit von Geist und Natur und das Wirken gegensätzlicher Kräfte als Ursache für

¹⁴² Rotschuh 1953, 94.

¹⁴³ Ebd., 96.

¹⁴⁴ Gerabek 1995, 76–77.

¹⁴⁵ Rotschuh 1953, 96.

¹⁴⁶ Ebd.

¹⁴⁷ Gerabek 1995, 64.

Naturprozesse. Die Entwicklung der Natur ließ sich in verschiedene Ebenen unterteilen und war letztendlich in kleine, wiederkehrende Kreisläufe gegliedert.¹⁴⁸

Die Vorstellung von gegenseitig wirkenden Kräften beeinflusste die damalige Naturforschung maßgeblich. Das Wirken der gegensätzlichen Kräfte als Ursache der Lebensprozesse wurde von verschiedenen, naturwissenschaftlichen Entdeckungen inspiriert.¹⁴⁹ Auch die Theorie von Sensibilität und Irritabilität, die von Haller aufgrund seiner physiologischen Experimente an lebenden Tieren aufgestellt worden war, spielte laut Schelling in der systematischen Einordnung der Natur eine große Rolle.¹⁵⁰

b. Die Bedeutung der Naturphilosophie für die Physiologie

Die Anatomie und Physiologie der Flora und Fauna zu verstehen, waren zentrale philosophische Problemstellungen, die es empirisch zu ergründen galt.¹⁵¹ So wurden die Disziplin der Anatomie, insbesondere die der Vergleichenden Anatomie, zum Erkunden der Struktur, sowie die Disziplin der Physiologie, zum Erkunden der Funktion der Organe, die ausschlaggebenden Fachgebiete der Naturphilosophie.¹⁵² Physiologie war zu Beginn des 19. Jahrhunderts noch kein eigenständiges Fachgebiet und wurde an Universitäten häufig von Medizinern und Anatomen gelehrt.¹⁵³

Für die wissenschaftliche Forschung forderte Schelling, dass jedes Ergebnis eines Experiments in die allumfassende Ordnung der Natur integriert werden müsse.¹⁵⁴ Es sollte weniger der Einzelfall betrachtet werden, als vielmehr ein allgemein gültiges

¹⁴⁸Ebd., 64–92: S. hier zu Schellings naturphilosophischen System

¹⁴⁹ Rotschuh 1953, 95: Unter anderem wurde diese Lehre durch „*die Entdeckung der tierischen Elektrizität (Galvani, Volta), [...], die Entdeckung des Galvanismus (Joh, Wilh. Ritter), [...], und der sogenannte tierische Magnetismus (Fr. Ant. Mesmer)*“ beeinflusst.

¹⁵⁰ Gerabek 1995, 84–85.

¹⁵¹ Ebd., 337.

¹⁵² Ebd., 341.

¹⁵³ Rotschuh 1953, 91.

¹⁵⁴ Gerabek 1995, 309.

System.¹⁵⁵ So sollten empirisch gewonnene, naturwissenschaftliche Fakten in spekulativ gewonnene, naturphilosophische Erkenntnisse eingegliedert werden, da das Experiment als solches nicht zum tatsächlichen Beleg ausreichte.¹⁵⁶ Dies galt für Schelling sowohl für naturwissenschaftliche Forschungsfragen als auch für das ärztliche Handeln.¹⁵⁷ Folglich führte dies dazu, dass die rein empirische Forschung in den Hintergrund trat.¹⁵⁸ Insgesamt endete diese Betonung philosophischer, spekulativer Ideen in der Naturwissenschaft in einem Forschungsstillstand der Physiologie im deutschsprachigen Raum zu Beginn des 19. Jahrhunderts.¹⁵⁹

c. Die Bedeutung der Naturphilosophie Schellings für die Anatomie und Embryologie

Schelling beschäftigte sich ebenso mit der Frage nach der Entwicklung des Organismus und der Ursache der Verschiedenheit der Naturerscheinungen. Hierbei gebrauchte man häufig Analogieschlüsse, um so ein allumfassendes Stufenmodell der Natur aufstellen zu können. Zum einen ging er von einem Stufenmodell aus, nach welchem die sinnvolle Entwicklung der Natur zu der höchsten Entwicklungsstufe, durch eine ihr selbst schon innewohnende Kraft, strebte.¹⁶⁰

Der Sinn dieser Entwicklung lag in dem Streben der Natur hin zu einem „*Idealbild*“¹⁶¹. Darunter verstand Schelling vor allem, dass die fortwährende Veränderung aller Organismen letztendlich einen idealen „*Archetypus*“¹⁶² anstrebte.¹⁶³ Die höchste Entwicklungsstufe stellte hierbei der Mensch dar.¹⁶⁴ Unter Berücksichtigung dieses

¹⁵⁵ Rotschuh 1953, 97.

¹⁵⁶ Gerabek 1995, 310.

¹⁵⁷ Ebd., 319–322.

¹⁵⁸ Rotschuh 1953, 97.

¹⁵⁹ Ebd., 92.

¹⁶⁰ Ebd., 96.

¹⁶¹ Gerabek 1995, 87.

¹⁶² Richards 2017, 231.

¹⁶³ Ebd.: Hier findet sich eine ausführliche Diskussion über die Ideen von Goethe und Schelling zum Gedanken der Evolution.

¹⁶⁴ Gerabek 1995, 65.

eigenständigen Entwicklungsmodells war es kaum verwunderlich, dass Schelling die Theorie der Epigenese nach Caspar Friedrich Wolff vertrat.¹⁶⁵ So forderte Wolff von seiner ‚*Theorie der Generation*‘, dass diese nicht nur für die Anatomie und Embryologie den Gewinn wissenschaftlicher Erkenntnisse erbrachte, sondern ebenso Analogieschlüsse zwischen der Pflanzenwelt und der tierischen Anatomie zuließe.¹⁶⁶ Diese Vorstellung passte sehr gut in das Einheitskonzept der Naturphilosophie nach Schellings Verständnis.¹⁶⁷

Ebenso entsprang der Begriff des Bildungstrieb von Blumenbach derartigen, naturphilosophischen Überlegungen. Eine nicht fassbare Kraft beeinflusste einen ungeformten Stoff dazu, sich zu einem greifbaren Organismus auszuformen.¹⁶⁸ Doch nicht nur die Ontogenese betreffend maß Blumenbach dem Bildungstrieb eine herausragende Bedeutung zu. Er sah ihn allgemein für alle wesentlichen Lebensprozesse als notwendig an.¹⁶⁹

Aus den obengenannten Thesen geht hervor, dass sowohl embryologische als auch physiologische Forschungen im Sinne der Naturphilosophie interpretiert werden konnten. Hierbei fand sich in Würzburg ein Ort, wo Naturphilosophie, Physiologie, Embryologie und Anatomie unmittelbar gemeinsam wirken konnten.¹⁷⁰ Der Anatom, Embryologe und Physiologe Ignaz Döllinger zählte zu dem Würzburger Kreis Schellings.¹⁷¹ Aufbauend auf diesen Erläuterungen sollen anschließend Döllingers Forschungsarbeiten, in Bezug auf die Naturphilosophie, im zeitlichen Verlauf kurz betrachtet werden.

¹⁶⁵ Ebd., 69–71.

¹⁶⁶ Schmuck 2010, 30–38: Hier findet sich ein gut strukturierter Überblick über Wolffs Theorie der Generation und seine philosophischen Ansätze in eben diesem Werk.

¹⁶⁷ Gerabek 1995, 70.

¹⁶⁸ Ebd., 74.

¹⁶⁹ Mc Laughlin 1982, 358.

¹⁷⁰ Gerabek 1995.

¹⁷¹ Ebd., 232–341.

d. Ignaz Döllinger als Anhänger Schellings

Der junge Professor, der zunächst Physiologie und Pathologie las, wurde maßgeblich durch Schelling beeinflusst und besuchte dessen Vorlesungen. Einige naturphilosophische Schriften, die eingehend versuchten, die Grundprinzipien der Naturphilosophie mit der Physiologie zu verbinden, sind in seiner anfänglichen Würzburger Zeit entstanden.¹⁷² Gleichzeitig legte er Wert darauf, sich in seinen Werken auf wissenschaftliche Erkenntnisse zu berufen.^{173,174}

Aber genau dies macht die Persönlichkeit Ignaz Döllinger rückblickend so interessant. Welcher Wandel vollzog sich zwischen 1803 und 1817, dem Jahr, in dem Pan-der unter Döllingers Anleitung die Keimblatttheorie begründete? Wie arbeitete Ignaz Döllinger wissenschaftlich? Welche naturphilosophischen Grundprinzipien fanden sich bei ihm? Dies sind wichtige Fragen, die es zu beantworten gilt, was im nächsten Teil erörtert werden soll.

¹⁷² Ebd., 246–252.

¹⁷³ Ebd., 330–331: Döllingers Werdegang vom Naturphilosophen, während der Jahre von 1803 bis 1805, bis hin zum rationalen Wissenschaftler im Jahr 1814, ist hier ansatzweise dargestellt.

¹⁷⁴ Rotschuh 1953, 97, 104–105: Hier wird Döllinger, bezogen auf die empirische Physiologieforschung des 19. Jahrhunderts, gelobt: „Seine zahlreichen Untersuchungen erstreckten sich auf Fragen des Blutkreislaufes, der Absonderung, der Blutbildung, der pulsatorischen Blutbewegung, besonders aber der Entwicklungsgeschichte. Er war ein Meister der Injektionstechnik.“

D. Embryologieforschung in Würzburg unter Ignaz Döllinger

I. Döllingers Leben und Werke im Überblick

Der bedeutende Anatom und Physiologe Ignaz Döllinger wurde am 24.05.1770 in Bamberg geboren.¹⁷⁵ Er entstammte einer vermögenden Sommeracher Ratsfamilie.¹⁷⁶ So hatte er die Möglichkeit, eine umfassende Bildung zu erwerben. Er begann sein Medizinstudium in Bamberg, um es später in Würzburg, Wien und Pavia fortzusetzen. 1794 schließlich promovierte er in Bamberg. Zwei Tage später schon wurde er in Bamberg Professor für Physiologie. Nach der Schließung der Universität Bamberg 1803 erhielt er den Lehrstuhl an die Universität Würzburg, wo er als Nachfolger Johann Joseph Dömlings (1771-1803)¹⁷⁷ Physiologie lehrte.¹⁷⁸ Ab dem Jahr 1805 lehrte er ebenso provisorisch Anatomie,¹⁷⁹ ab dem Jahr 1806 wurde er zum ordentlichen Professor der Anatomie berufen.¹⁸⁰ In Würzburg wirkte er 20 Jahre lang, bis er 1823 an die Universität München wechselte, wo er 1826 die ordentliche Professur für Anatomie und Physiologie und die Direktion des universitätseigenen, anatomischen Museums erhielt.¹⁸¹ Er starb in München am 14. Januar 1841.¹⁸² Nach seinem Tod hielt Schelling eine Gedenkrede und betonte Döllingers Stellung als „*Wegbereiter der Naturphilosophie*“¹⁸³ und lobte die fruchtbare Zusammenarbeit während ihrer gemeinsamen Würzburger Zeit.

Um Ignaz Döllingers wissenschaftliches Arbeiten und seine Einstellung zur Naturphilosophie zu verstehen, bedarf es einer kurzen Erläuterung seiner Ausbildung und wissenschaftlichen Tätigkeit, bis zu seiner Berufung nach Würzburg. Sein

¹⁷⁵ Herrlinger 1959, 20–21.

¹⁷⁶ Gerabek 1995, 246.

¹⁷⁷ Ebd., 238-240: Johann Joseph Dömling war seit 1799 Professor für Physiologie und Stadtarmenarzt. Bereits vor Schelling in Würzburg hatte er naturphilosophische Lehren vertreten.

¹⁷⁸ Struck 1977, 31–34: S. hier zur Bamberger Vorlesungszeit.

¹⁷⁹ ARS: Archiv des Rektorats und Senats der Universität Würzburg 418 1804;

¹⁸⁰ Gerabek 1995, 249.

¹⁸¹ Ebd., 249–250.

¹⁸² Schmuck 2010, 61.

¹⁸³ Gerabek 1995, 250.

Medizinstudium absolvierte er zunächst in Bamberg, später in Würzburg, wo er Carl Caspar Siebold (1736-1807) hörte, um später an die Universität in Wien und schließlich nach Pavia zu wechseln.¹⁸⁴ Carl Caspar Siebold trat seine Lehrtätigkeit in Würzburg im Jahr 1769 an und verhalf der medizinischen Fakultät zu einem ausgezeichneten Ruf, da er sich im Präpariersaal und in der Chirurgie vor allem auf den praktischen Unterricht am Leichnam fokussierte, um seinen Studenten die, für den Mediziner unentbehrliche, Anatomie zu vermitteln.¹⁸⁵ Was seine Studienjahre in Pavia betraf, so war Pavia im 18. Jahrhundert für eine hervorragende wissenschaftliche Ausbildung bekannt.¹⁸⁶ Einer der dortigen Professoren war unter anderem Antonio Scarpa (1747-1823), ein bedeutender Anatom und Chirurg, dessen Vorlesung Döllinger ebenso hörte.¹⁸⁷

Döllinger blieb bis zum Jahr 1793 an der Universität Pavia und kehrte 1794 nach Bamberg zurück, um dort seine Doktorwürde zu erwerben. Seine Dissertation ‚*Fragmenta de cognoscendis et curandis quibusdam corporis humani simplicibus affectionibus praeside Josepho Ignatio Döllinger, Bambergae 1794*‘ zielte vor allem auf eine naturwissenschaftliche Vorbereitung des Arztes in seiner vorklinischen Ausbildung ab.¹⁸⁸

Bereits einige Tage nach seiner Promotion, nämlich am 9. März 1794, berief die Universität Bamberg Ignaz Döllinger zum ordentlichen Professor der Medizin, wobei er ‚*Physiologie nach Blumenbach*‘ im Wintersemester und im Sommersemester ‚*Botanik nach Batsch*‘ las.¹⁸⁹ Ab 1800 las er auch ‚*Diaetetik*‘, sowie er privat zahlreiche andere Vorlesungen, wie ‚*Mineralogie*‘, ‚*Pathologie*‘, ‚*Experimental-Chemie*‘, ‚*Allgemeine Therapie*‘, sowie ‚*Medizinische Encyclopädie*‘ und ‚*Methodik*‘ hielt.¹⁹⁰ Im Jahr 1800

¹⁸⁴ Ebd., 247.

¹⁸⁵ Elze 1990, 50–51.

¹⁸⁶ Walter 1841, 11.

¹⁸⁷ Buchner/Julius-Maximilians-Universität Würzburg 1932, 552.

¹⁸⁸ Struck 1977, 31.

¹⁸⁹ Ebd., 31-32.

¹⁹⁰ Ebd., 32.

schließlich wurde er Zweiter Arzt am Krankenhaus Bamberg.¹⁹¹ Schelling kam in eben diesem Jahr nach Bamberg, wo er im Krankenhaus vermutlich das erste Mal auf Döllinger traf.¹⁹² Beide wurden nach der Schließung der Universität Bamberg im Jahr 1803 nach Würzburg berufen, wo sie fortan als Professoren tätig sein sollten.¹⁹³

Die Gesamtschau seiner jemals veröffentlichten Werke lässt auf ein breites Spektrum an naturwissenschaftlichen Fragestellungen schließen, mit denen sich der Gelehrte zeitlebens beschäftigte. Er befasste sich mit Geologie,¹⁹⁴ Naturphilosophie,¹⁹⁵ Zoologie,¹⁹⁶ Mikroskopie,¹⁹⁷ Embryologie und Entwicklungsgeschichte,^{198, 199} der Anatomie des Auges,²⁰⁰ sowie mit physiologischen Fragestellungen. Darunter befasste er sich mit der Absonderung der Drüsen, der Blutbildung und dem Blutkreislauf, wengleich sein einflussreichstes Fach die Embryologie blieb.²⁰¹

Seine Lehrtätigkeit soll nun ab der Berufung nach Würzburg dargestellt werden, wobei ein Schwerpunkt auf die Analyse der Jahre 1803 bis 1806 gelegt wird, die Zeit, in der auch Schelling in Würzburg verweilte, um dessen Einfluss auf den Anatomen und Physiologen Döllinger zu quantifizieren.

II. Berufung nach Würzburg

Wie bereits unter dem Punkt von Schellings Berufung nach Würzburg dargestellt, erfolgte im Rahmen der Neuorganisation 1802 eine Abschaffung der Fakultäten und die Einführung der Hauptklassen, mit den zugewiesenen Sektionen. Gemeinsam

¹⁹¹ Gerabek 1995, 247.

¹⁹² Struck 1977, 47.

¹⁹³ Ebd.

¹⁹⁴ Döllinger 1803: ‚*Ueber die Metamorphose der Erd- und Steinarten aus der Kieselreihe*‘.

¹⁹⁵ Döllinger 1805a: ‚*Grundriß der Naturlehre des menschlichen Organismus. Zum Gebrauche bey seinen Vorlesungen entworfen von Ignaz Doellinger*‘.

¹⁹⁶ Ebd.

¹⁹⁷ Döllinger 1829.

¹⁹⁸ Döllinger 1814a: ‚*Beyträge zur Entwicklungsgeschichte des menschlichen Gehirns*‘.

¹⁹⁹ Döllinger 1816: ‚*Versuch einer Geschichte der menschlichen Zeugung*‘.

²⁰⁰ Döllinger 1818b: ‚*Über das Strahlenblättchen im menschlichen Auge*‘.

²⁰¹ Rotschuh 1953, 104.

mit dem Grafen von Thürheim war Schelling maßgeblich an der Umstrukturierung beteiligt, die auf eine Stärkung des staatlichen Einflusses auf die universitäre Lehre, sowie auf eine Stärkung des Fachgebiets der Heilkunde in Verknüpfung mit der Naturphilosophie, abzielte.²⁰² Für den neu berufenen Professor Ignaz Döllinger war dies sicherlich eine Herausforderung, sollte er nun an einer freigeistlichen, in ihrer Autorität gestärkten und vom Klerus losgesagten Universität lehren. Zunächst fand man Döllingers Name im Vorlesungsverzeichnis des Sommersemesters 1804²⁰³ in der Klasse der ‚*Besondern Wissenschaften*‘ in der ‚*Vierten Section*‘ der Heilkunde bei ‚*Enzyklopädie*‘, ‚*Vergleichende Anatomie*‘, sowie ‚*Physiologie nach Schelvert’s Zeitschrift der organischen Physik*‘²⁰⁴, wobei Physik hier als Synonym für Naturwissenschaften im Allgemeinen zu verstehen ist. Franz Joseph Schelvert war selbst Naturphilosoph und von den Lehren Schellings inspiriert.²⁰⁵

Zu Recht bemerkte Struck hier eine Veränderung in der Grundlage von Döllingers Physiologievorlesungen.²⁰⁶ Während der Professor sich in seinen Bamberger Vorlesungen noch auf den Göttinger Naturforscher Blumenbach und auf dessen Werk ‚*Institutiones physiologicae*‘ von 1787 berief, so wurde dieser nun durch den von Schelling persönlich beeinflussten Schelvert abgelöst.²⁰⁷ Vor Döllingers Antritt lehrte Johann Joseph Dömling (1771-1803)²⁰⁸ Physiologie in Würzburg, allerdings bewertete Döllinger dessen Werk ‚*Lehrbuch der Physiologie des Menschen*‘ als ungenügend und verwandte es daher nicht weiter für seine Lehre.²⁰⁹

²⁰² Gerabek 1995, 112–126: Hier findet sich eine Übersicht über den Einfluss Schellings bei der Neuorganisation der Universität Würzburg sowie eine Darstellung des Sektors der Heilkunde.

²⁰³ Ebd., 119–121: zitiert nach der Veröffentlichung in der ‚*Oberdeutschen allgemeinen Literaturzeitung*‘.

²⁰⁴ Ebd., 121.

²⁰⁵ Gerabek 2005, 661-662.

²⁰⁶ Struck 1977, 54.

²⁰⁷ Ebd., 54–55.

²⁰⁸ Zu Dömling siehe Gerabek 1995, 238-245: Als Physiologieprofessor hatte Dömling bereits vor Schellings Wirken in Würzburg naturphilosophische Thesen in seinen Vorlesungen vertreten.

²⁰⁹ Buchner/Julius-Maximilians-Universität Würzburg 1932, 554.

In Würzburg besuchte Döllinger Vorlesungen von Schelling über die Naturphilosophie und freundete sich mit ihm an.²¹⁰ In Schellings Gedenkrede, vom 27. März 1841 zu Döllingers Tod, erinnerte dieser auch daran, dass er selbst im Senat der Universität, dafür gestimmt hatte, Döllinger 1806 nun auch den Lehrstuhl für Anatomie definitiv zu übertragen.²¹¹ Daraus geht hervor, dass zwischen beiden Gelehrten in ihren anfänglichen Würzburger Jahren ein reger Austausch stattgefunden haben musste. Dies manifestierte sich schließlich in Ignaz Döllingers eigenen, naturphilosophischen Konzepten, die in seinen wissenschaftlichen Werken Ausdruck fanden.²¹² Der junge Professor hatte die inhaltliche Grundlage seiner Vorlesungen nach den naturphilosophischen Lehren Schellings ausgerichtet. So fand man auch in Döllingers wissenschaftlichen Werken, welche während den ersten Jahren seiner Würzburger Lehrtätigkeit entstanden, von Schelling entlehnte Theorien und Konzepte.²¹³ Wie sich diese Überzeugung in den folgenden Jahren in Döllingers wissenschaftlicher Tätigkeit manifestierte, soll im folgenden Teil beispielhaft belegt werden.

²¹⁰ Gerabek 1995, 250–252.

²¹¹ Ebd., 250.

²¹² Schmuck 2010, 64: Vgl. hierzu Schmucks Darstellung, dass naturphilosophische Motive sich in den Werken Döllingers bis 1816 finden lassen.

²¹³ Gerabek 1995, 250–251.

III. Die Anwendung der Naturphilosophie in der Wissenschaft

1. Analyse der Archivschrift von 1804: Verbinden der Vergleichenden Anatomie mit der Physiologie

Inspiziert von Schellings naturphilosophischen Lehren stellte Döllinger Theorien zur Bedeutung der Physiologie und der Vergleichenden Anatomie für die Naturwissenschaften auf. Im Archiv des Rektorats und Senats der Universität Würzburg 418 (11),²¹⁴ die Personalakte Ignaz Döllinger betreffend, findet sich eine schriftliche Bitte vom 14.01.1804 von Döllinger, ihm den Lehrstuhl der Anatomie ebenso zu überlassen, da er jene mit der Physiologie verbinden wolle. Diese Bitte war in zwei Abschnitte gegliedert. Der erste Abschnitt umfasste hierbei drei fachliche Argumente, warum beide Fächer inhaltlich aufeinander aufbauten. Hingegen betrachtete der zweite Abschnitt personelle und organisatorische Argumente und warum Döllinger selbst für die Lehrstelle dieser Fächer geeignet schien.

Da der erste Abschnitt in Bezug auf Ignaz Döllingers naturphilosophisch geprägte Anfangszeit in Würzburg als sehr relevant einzustufen ist, soll näher auf diesen eingegangen werden. So schrieb Döllinger, dass es „[...] zwischen der Anatomie als Lehre vom Bau der aufgeschnittenen Körper und der Physiologie [...]“²¹⁵ keine Differenzen gäbe. Er belegte diese Aussage mit der These Samuel Thomas von Sömmerings (1755-1830)²¹⁶, dass es wichtig sei, anatomische Studien mit physiologischen Forschungen zu verknüpfen.²¹⁷ Weiterführend argumentierte er, dass der Physiologie die „[...] organischen Bildungen [...]“²¹⁸ innewohnten, sodass der Anatom „[...] die Wirklichkeit

²¹⁴ ARS: Archiv des Rektorats und Senats der Universität Würzburg 418 1804;

²¹⁵ Ebd., 1.

²¹⁶ Dumont 2010, 532-533: Samuel Thomas von Sömmering wirkte er als Naturforscher und Arzt. Unter anderem beschäftigte er sich mit Anatomie, Embryologie und Ophtalmologie. Auch er betrieb vergleichende, anatomische Studien.

²¹⁷ ARS: Archiv des Rektorats und Senats der Universität Würzburg 418 1804;, 1: „Sömmering nennt die Trennung beider Fächer unschicklich [...].“

²¹⁸ Ebd.

davon aufzuzeigen [...]“²¹⁹ vermochte. Auch Schelling und dessen *Vorlesungen über die Methode des akademischen Studiums*^{220,221} benutzte er als Beleg für die sinnvolle Verbindung beider Fächer, verzichtete allerdings auf eine genauere Ausführung des Inhalts von Schellings Schrift, da er „[...] nicht zu mitläufig [...]“²²² werden wolle. Eine weitere Aussage, die die wissenschaftliche Bedeutung beider Fächer füreinander betonte, formulierte er unter dem dritten Punkt: „*Die Physiologie hat keine bessere Quelle, als die der comparativen Anatomie, die hingegen nicht wissenschaftlich ohne Physiologie betrieben werden kann.*“²²³ Im zweiten Abschnitt erläuterte er außerdem die Vorteile, dass man Personal sparen könnte und er im Sommersemester sowieso Zeit habe, noch eine Vorlesung zu halten. Warum gerade er für beide Professuren geeignet sei, begründete er mit seinen Vorlesungstätigkeiten in Bamberg, sowie damit, dass er sich „[...] mit [...] Zergliedern befaßt [...]“²²⁴ hatte und so die praktischen Voraussetzungen für die Lehre der Anatomie erfüllte. Betrachtet man Schellings naturphilosophische Prinzipien, so lassen sich Parallelen in den Forderungen dessen mit Döllingers Ansicht über die Verbindung der Vergleichenden Anatomie und der Physiologie finden. Gerade diese Disziplinen waren für die Erörterung naturphilosophischer Lehren unabdingbar.²²⁵

Als hervorragende Grundlage hierfür diente die Anatomie, da sie durch das Studium der Organstruktur Schlüsse über deren physiologische Funktion erlaubte. Da es

²¹⁹ ARS: Archiv des Rektorats und Senats der Universität Würzburg 418 1804;, 1.

²²⁰ Vgl. Schelling, zitiert nach Gerabek 1995, 309: Zum Stellenwert der Verbindung von Vergleichender Anatomie und Physiologie in der Naturphilosophie äußerte sich Schelling wie folgt: „*Die Unmöglichkeit, über die Gründe einer so verwickelten Bildung im Einzelnen die geringste Rechenschaft abzulegen, nachdem man sich selbst den Werk dazu versperrt hatte, führte die Trennung der Anatomie und Physiologie, die sich beide wie Aeußeres und Inneres entsprechen müßten und jene ganz mechanische Art des Vortrags herbei, der in den meisten Lehrbüchern und auf Akademien der herrschende ist.*“

²²¹ Ebd., 309–311: Schelling forderte in diesem Werk explizit, dass spekulativ gewonnene Erkenntnisse mit empirischen Fakten übereinstimmen, allerdings lehnte er das alleinige, empirische Arbeiten ab.

²²² ARS: Archiv des Rektorats und Senats der Universität Würzburg 418 1804;, 2.

²²³ Ebd.

²²⁴ Ebd., 3.

²²⁵ Gerabek 1995, 337.

die Physiologie im beginnenden 19. Jahrhundert noch nicht als eigenständige Disziplin gab, waren beide Fachrichtungen sowieso von vorneherein eng miteinander verbunden. Physiologische Forschungen wurden ausgehend von der anatomischen Struktur betrieben.²²⁶ Beispielsweise forderte auch ein anderes Mitglied des Würzburger Schellingkreises, Adalbert Friedrich Marcus, dass die Physiologie und die Anatomie „[...] ihre Aufgaben theilen“²²⁷, den Organismus und seine Funktion zu ergründen

Dabei stand die naturphilosophische Motivation, eine allgemein gültige Aussage über Lebensprozesse treffen zu können, im Vordergrund. Hierdurch erhoffte man sich, ein tiefgreifenderes Verständnis zu erlangen, wie sich das Leben an sich gestaltete.²²⁸ Zusammengenommen sollten diese erdachten Konzepte ein universelles Erklärungsmodell für die belebte Natur liefern.²²⁹ Allerdings forderte Schelling eine empirische Grundlage für die Formulierung naturphilosophischer, allgemein gültiger Thesen, die man durch die Zusammenführung von Erkenntnissen begründen konnte, welche man bei einzelnen Experimenten erfahren hatte.²³⁰ Die rationale Erforschung der Natur diene laut Schelling zum Verständnis und wissenschaftlichen Erschließen derselben.²³¹

So war es eine naturphilosophisch begründete Forderung, welche Döllinger 1804 vortrug, in der Struktur des Körpers, die der Naturforscher in der Anatomie offenbart fand, nach physiologischen Zusammenhängen zu suchen. Hierbei zeigte Döllinger klar die Abhängigkeit wissenschaftlicher Erkenntnisse in der Physiologie von der Untersuchung anatomischer Strukturen. In seinem Ansuchen, beide Fächer miteinander zu

²²⁶ Rotschuh 1953, 92–93.

²²⁷ Marcus, zitiert nach Gerabek 1995, 341.

²²⁸ Rotschuh 1953, 101.

²²⁹ Ebd., 95–97.

²³⁰ Gerabek 1995, 310: Vgl. hierzu Schellings Forderungen in seinen ‚Vorlesungen über die Methoden des akademischen Studiums‘ (1803), dass experimentell gewonnene Fakten generell in ein sinnhaft übergeordnetes Konzept eingegliedert werden müssten, da sich sonst ein ungeordnetes Wissen, basierend auf einzelnen Erfahrungen, herausbilden würde und dies nicht zielführend in der Wissenschaft und im ärztlichen Handeln sei.

²³¹ Ebd., 67.

verbinden, formulierte er gleichzeitig die Notwendigkeit, seine Erkenntnisse aus einer empirischen Grundlage zu erlangen. Die wissenschaftliche Grundlage stellte für Döllinger hierbei die Anatomie dar: „*Die Physiologie hat keine bessere Quelle, als die der comparativen Anatomie, die hingegen nicht wissenschaftlich ohne Physiologie betrieben werden kann.*“²³² Basierend auf den Untersuchungen der Struktur, konnte der Naturforscher Aussagen über physiologische Funktionen treffen.

Zusammengenommen wird hieraus Döllingers Bestreben deutlich, basierend auf rationalen, anatomischen Untersuchungen, Lebensprozesse tiefgreifend verstehen zu wollen. Dabei sah er beide Disziplinen, Anatomie und Physiologie, die mit der Naturphilosophie eng verbunden waren, im gemeinsamen Forschungsziel als unumgänglich an. Aus diesem Denkansatz Döllingers lässt sich folgern, dass er durchaus sehr bemüht war, im Sinne der Naturphilosophie nach Schelling an der Universität zu lehren. Doch Schelling forderte, über das individuelle Experiment hinausgehend, ein allgemein gültiges Konzept, das Lebensprozesse tiefgreifender und allumfassender erklärte.²³³ Inwiefern Döllinger sich mit dieser naturphilosophischen Forderung an die Wissenschaft kritisch auseinandersetzte und diese in seine Forschungen integrierte, soll anschließend untersucht werden.

2. Döllingers Beitrag in Schellings Jahrbuch

In Döllingers Beitrag in Schellings *Jahrbüchern*²³⁴ im Jahr 1805 finden sich erneut naturphilosophisch geprägte Motive in der Argumentation des Gelehrten. Hier erwähnte Döllinger bereits sein Werk *Grundriß der Naturlehre des menschlichen Organismus*²³⁵, welches er später als Grundlage seiner Vorlesungen nutzte.²³⁶ Für die

²³² ARS: Archiv des Rektorats und Senats der Universität Würzburg 418 1804;, 2.

²³³ Gerabek 1995, 309.

²³⁴ Ebd., 282–308: S. hier für eine Erläuterung des Zustandekommens und der Thematik der Jahrbücher.

²³⁵ Ebd., 338: Döllinger 1805 in *Jahrbücher*, zitiert nach Gerabek.

²³⁶ Ebd., 338–340: Eine Diskussion zu Döllingers Standpunkt zur Bedeutung von naturphilosophischen Lehren zur Beantwortung naturwissenschaftlicher Fragestellungen im Gegensatz zu empirischen und experimentell gewonnenen Erkenntnissen.

Begründung der Naturlehre des menschlichen Organismus wäre folglich eine Betrachtung der gesamten Naturlehre nötig, da sich diese „[...] in dieser kleinen Welt [den menschlichen Organismus meinend] zu einem Ganzen verbunden [...]“²³⁷ zeigte. In der Gesamtschau seines Beitrags zeigten sich allerdings erhebliche Zweifel an bisher etablierten, physiologischen Lehren, wie beispielsweise an dem Modell von Sensibilität und Irritabilität,²³⁸ nach dessen Polaritätsvorstellungen auch Schellings Lehre ausgerichtet war.²³⁹ Gerabek wertete dies insgesamt so, dass Döllinger damals schon dazu neigte, bisher anerkannte Thesen der Naturphilosophie rational zu hinterfragen.²⁴⁰

3. Analyse der Veröffentlichung ‚Grundriß der Naturlehre des menschlichen Organismus – Zum Gebrauche bey seinen Vorlesungen‘

a. Kritische Auseinandersetzung mit der Rolle der Naturphilosophie in naturwissenschaftlichen Forschungsfragen

Schließlich veröffentlichte der Würzburger Gelehrte im Jahr 1805 den ‚Grundriß der Naturlehre des menschlichen Organismus – Zum Gebrauche bey seinen Vorlesungen‘²⁴¹, der sich auf Schellings naturphilosophische Lehren berief.²⁴² Dabei handelte es sich um ein physiologisches Werk, vertiefend zu seinen Vorlesungen.²⁴³ Zwei Jahre waren seit dem Jahr 1803 verstrichen, in welchem sich Döllinger mit der Naturphilosophie und deren Anwendung in der Naturforschung befasst hatte. So setzte er sich in seinem ‚Grundriß‘ mit dem Stellenwert der Naturphilosophie für die Wissenschaft erneut

²³⁷ Ebd., 338–339: Döllinger 1805 in ‚Jahrbücher‘, zitiert nach Gerabek.

²³⁸ Rotschuh 1953, 95–96: Hallers Lehre der Sensibilität und Irritabilität, wonach diese beiden Kräfte ursächlich für die Funktion des lebendigen Organismus waren, beeinflusste Medizin und Naturforschung damals maßgeblich. So integrierte auch Schelling dies in seinem System der Naturphilosophie.

²³⁹ Gerabek 1995, 340.

²⁴⁰ Ebd.

²⁴¹ Döllinger 1805.

²⁴² Gerabek 1995, 250–251

²⁴³ Struck 1977, 56–97: Hier findet sich eine ausführliche Darstellung der Inhalte von Döllingers Werk.

auseinander, indem er deren Anwendung in der Wissenschaft kritisch hinterfragte. Trotzdem ist dieses Werk als stark auf naturphilosophischen Konzepten beruhend zu werten.²⁴⁴

Im Sommersemester von 1805 war dieses Werk das erste Mal als Grundlage seines Vortrags im Vorlesungsverzeichnis aufgeführt.²⁴⁵ Es gliederte sich in drei große Teile, wobei der erste Teil ‚*Allgemeine Bestimmung des Organismus*‘ behandelte, in dem Döllinger die Grundbegriffe seiner Physiologie erörterte. Der zweite Teil ‚*Betrachtung der organischen Erscheinungen insbesondere*‘ wiederum gliederte sich insgesamt in zwei Abteilungen, jeweils in die Studien der Flora und Fauna. Hierbei teilten sich die Abteilungen nochmals in Abschnitte auf, die sich mit allen wesentlichen physiologischen Funktionen wie Verdauung, Sinneswahrnehmungen, Temperaturregulation, Muskelfunktion und Fortpflanzung beschäftigten. Der dritte Teil schließlich beschäftigte sich mit der ‚*Geschichte des Lebens*‘.^{246,247}

Für die Erörterung zu Ignaz Döllingers Stellung in Bezug auf Naturphilosophie und deren Bedeutung für die Wissenschaften sind besonders die Vorrede und der erste Teil interessant, da hier der Grundstein für den weiteren Verlauf des Werkes gelegt wurde. In der Einleitung schrieb er über die Anwendung der Naturphilosophie in der Wissenschaft: „[...] daß ihre Fundamentalsätze eine so vielartige Deutung annehmen, und ein jeder in der Anwendung machen könne, was er wolle [...]“.²⁴⁸ Somit räumte er der Aufstellung naturphilosophischer Thesen eine gewisse Willkür ein, was wiederum zur Kritik der Anwendung dieser beigetragen hatte. Ihre Anwendung in der Wissenschaft rechtfertigte er dennoch wie folgt: „Nun gehört es nach meiner Einsicht aber gerade zum Eigenthümlichen der Naturphilosophie, die Anwendung ihrer

²⁴⁴ Gerabek 1995, 250–251.

²⁴⁵ Virtuelle Bibliothek Würzburg 1805.

²⁴⁶ Gerabek 1995, 252.

²⁴⁷ Döllinger 1805, S. hier die gesamte Inhaltsangabe.

²⁴⁸ Ebd., 3.

*Fundamentalsätze dem Scharfsinne und dem Untersuchungsgeiste frey zu geben, was denn eben mit unter eines ihrer Verdienste ist.*²⁴⁹ Döllinger war sich der Kritik an der Naturphilosophie und des zu erwartenden Widerspruchs bewusst. Rational hinterfragte er das bloße, spekulative Aufstellen von Thesen, jedoch genügte ihm rein experimentelle Forschungen auf der anderen Seite nicht.

Hiermit erklärte Döllinger gleichzeitig, warum er seine Lehrmeinungen nicht gänzlich beruhend auf naturphilosophischen Konzepten formulieren konnte. So könnte man ihm vorwerfen, dass er „[...] in der Durchführung der gewählten allgemeinen Ansichten durchs Besondere, sehr vieles behauptete, was bisher selbst in der Naturphilosophie ganz anders ausgesprochen wurde.“²⁵⁰ Er nahm sich die Freiheit heraus, seine eigenen Beobachtungen in seinen Darlegungen auszuführen, obgleich diese nicht in Schellings bestehendes System der Naturphilosophie integriert werden konnten. Diese Aussagen betrachtend, ist es kaum verwunderlich, dass Schelling bemängelte, dass der naturphilosophische Einfluss in eben jenem Werk noch zu wenig ausgeprägt war.²⁵¹

Bemerkenswert ist, dass Döllinger selbst in seinem Vorwort die Bedeutung der Naturphilosophie für die physiologische Naturforschung diskutierte, um anschließend ihre Anwendung bei der umfassenden Erforschung organischer Lebensprozesse als unverzichtbar darzulegen.²⁵² Dabei ging er auch auf die Vorwürfe gegen die Naturphilosophie ein. Warum Döllinger sich bereits im Vorwort für den Einsatz naturphilosophischer Lehren verteidigte, war in der ersten Ablehnungsbewegung gegen die Naturphilosophie um 1800 begründet, welche die spekulativen Theorien naturphilosophischer Theorien kritisierten.²⁵³ Allerdings ist auch Döllingers Werk nicht sicher auf eine empirische, rationale Forschungsmethodik zurückzuführen. Was seine wissenschaftliche

²⁴⁹ Döllinger 1805, 3.

²⁵⁰ Ebd., 2.

²⁵¹ Gerabek 1995, 251.

²⁵² Döllinger 1805, 3–6.

²⁵³ Gerabek 2001, 56.

Methodik betraf, so fanden sich nur spärliche Erläuterungen,²⁵⁴ wie er zu seinen dargestellten Erkenntnissen kam. Er rechtfertigte dies lediglich damit, „[...] daß es nicht Uebereilung sey, traut man vielleicht einem Lehrer, dessen Beruf es seit eilf Jahren ist, Physiologie vorzutragen, zu.“²⁵⁵

Daraus ergibt sich insgesamt der Eindruck, wie unklar sich Döllinger über den Stellenwert der Naturphilosophie für die rationale Naturwissenschaft war. Deutlich stellte er in seinem Vorwort die Bedeutung einer rationalen Forschung, bevorzugt vor spekulativen Prinzipien, heraus. Döllinger war also durchaus auf eine nicht spekulative, sondern auf eine wissenschaftlich korrekte Methodik in der Naturforschung bedacht. Dennoch zogen sich Schellings naturphilosophische Ideen durch Döllingers gesamtes Werk,²⁵⁶ sodass Döllingers eigene Position als Naturforscher und gleichzeitig als Naturphilosoph als sehr ambivalent zu werten ist. Dies zeigt sich besonders in seinen Ansichten und Erklärungen über Entwicklungsvorgänge, wie durch die folgenden Abschnitte gezeigt werden soll. In der folgenden Analyse von Döllingers Lehrmeinungen wird ein Schwerpunkt auf seine Ansicht über Entwicklungsvorgänge gelegt,²⁵⁷ sowie auf deren maßgeblichen Einfluss auf seine weiteren, embryologischen Forschungen.

b. Das Verständnis von Entwicklung bei Döllinger

Die embryologische Forschung spielte eine zentrale Rolle in der Naturphilosophie, da man anhand solcher Studien den unmittelbaren Ursprung des Lebens untersuchen konnte. So begründete sich häufig überhaupt die Motivation, die Embryonalentwicklung eines Lebewesens zu studieren, in tiefgreifenderen, philosophischen Fragestellungen.²⁵⁸ Die zentrale und existentielle Frage nach der Entstehung des Lebens war im

²⁵⁴ Struck 1977, 72: Hier berichtet Struck beispielsweise über Döllingers Einsatz des „Vergrößerungsglasses“ bei der Erforschung der Physiologie des Blutes.

²⁵⁵ Döllinger 1805, Vorrede, 3.

²⁵⁶ Gerabek 1995, 250–251.

²⁵⁷ Struck 1977, 56–98: Eine ausführliche Darstellung Döllingers Werk findet sich hier.

²⁵⁸ Schmuck 2010, 245–246: Vgl. hierzu Schmucks These, dass die Naturphilosophie häufig ursächlich für die Forschung an sich und die hieraus abgeleiteten Begriffe und Theorien war.

Jahr 1805, in welchem Döllingers ‚*Grundriß*‘ erschien, weitgehend ungeklärt. Es gab keine finale Antwort auf die Frage, ob nun die Theorie der Epigenese, oder die der Präformation zutrif, ²⁵⁹ genauso wenig wie bekannt war, wo das menschliche Ei zu finden war. ²⁶⁰ Man verstand noch nichts von Zellengewebe und demnach auch nichts von dem Begriff der Eizelle. ²⁶¹ Die systematischsten Untersuchungen in der Embryologie waren bislang am Hühnerei, jedoch nicht an menschlichen Embryonen, durchgeführt worden. ²⁶² Der Grund hierfür ist offensichtlich. So sind Hühnereier hervorragend zugängliche Studienobjekte und die Entwicklung des Hühnchens lässt sich sogar in vivo unter dem Mikroskop beobachten. ²⁶³

Besonders der erste Teil aus dem ‚*Grundriß*‘ Döllingers ist, was seine naturphilosophisch geprägten Standpunkt zur Bildung der verschiedensten Lebewesen anbelangt, interessant. ²⁶⁴ Hier benannte er die Grundlagen seiner Naturlehre, die auf Schellings und Blumenbachs Lehren basierten. ²⁶⁵ Sein universelles Verständnis von Entwicklung führte er schließlich im Abschnitt ‚*Von den Gesetzen des Organismus und den dadurch bedingten besonderen Erscheinungen*‘ sehr aufschlussreich auf. Hierbei ging er, ganz im Sinne Schellings, von einer ganzheitlichen Natur aus, welche sich in verschiedene, einzelne Organismen gliederte, welche wiederum durch allgemeine Gesetze in dieses übergeordnete Natursystem integriert wurden. ²⁶⁶ Ausgehend von dieser Einheit der Natur, stellte Döllinger die Ursache für die Bildung der verschiedenen

²⁵⁹ Bäumer-Schleinkofer 1993, 211.

²⁶⁰ Ebd., 213.

²⁶¹ Schmuck 2010, 114–115.

²⁶² Bäumer-Schleinkofer 1993, 126–212: Beginnend mit Marcello Malpighi folgten Albrecht von Haller und Caspar Friedrich Wolff in der Reihe der wohl bekanntesten Embryologieforscher, welche sich allesamt mit der mikroskopischen Beobachtung der Embryonalentwicklung des Huhns auseinandersetzten.

²⁶³ Ebd., XI.

²⁶⁴ Döllinger 1805, 1–27.

²⁶⁵ Ebd., Anhang: Die Seiten des Anhangs sind nicht nummeriert. Hier gab Döllinger explizit zum ersten Teil Schellings ‚*Erster Entwurf eines Systems der Naturphilosophie*‘ (1799), sowie ‚*De Idea vitae, hujusque formis praecipuis*‘ (1803) an. Auch Blumenbachs Werk ‚*Über den Bildungstrieb*‘ (1791) nannte er hier.

²⁶⁶ Ebd., 18–20.

„organischen Erscheinungen“²⁶⁷ als allumfassend dar.²⁶⁸ Dies erklärte er ganz im Sinne Blumenbachs: „Die Form des Organismus ist selbst ein Product der organischen Wirksamkeit, und heißt Bildung (Formatio), wenn sie zugleich die unüberschrittene Schranke der Wirksamkeit ist. Die organische Wirksamkeit [...] heißt Bildungstrieb; Trieb, weil sie vom Wesen des Organismus ausgeht, und im Producte ruht. Was uns das Bilden objectiv darstellt, Heißt Gebilde [...]. Blumenbach's Verdienste um die Lehre vom Bildungstriebe.“²⁶⁹ Der Bildungstrieb war laut Döllinger also eine allgemein gültige Naturerscheinung, welche sämtliche Lebensprozesse verursachte und steuerte, Flora und Fauna gemeinsam miteingebunden.

Noch deutlicher zeigt sich Döllingers universell gültiges Modell der Bildung des organischen Lebens im zweiten Teil, in welchem er unter dem Titel „Von den Erscheinungen des Pflanzenlebens“ Beschreibungen der Entwicklung von Flora und Fauna mischte.²⁷⁰ Den Bildungstrieb als Ursache und treibende Kraft der Entstehung des Individuums voraussetzend, beschrieb Döllinger, wie sich aus flüssiger, amorpher Substanz langsam durch Erstarrung die verschiedenen morphologischen Merkmale des Embryos ausbildeten. Für die menschliche Embryonalentwicklung begründete er ein differenziertes Modell, wonach der männliche Samen den Antrieb zur Entwicklung lieferte, während im weiblichen Ei „der Stoff zur Entstehung des neuen Individuums“²⁷¹ zu suchen war. Dieses Polaritätsmodell sah er als grundlegend für die menschliche Zeugung an. Auch diese Vorstellung zweier gegensätzlicher Kräfte, welche ihre Wirksamkeit in einem lebenden Organismus gemeinsam entfalteten, war der Naturphilosophie Schellings

²⁶⁷ Ebd., 21.

²⁶⁸ Döllinger 1805, 25.

²⁶⁹ Ebd.

²⁷⁰ Ebd., 28–35.

²⁷¹ Ebd., 151.

entlehnt.²⁷² Wie Döllinger die Entwicklung des Individuums nach der Befruchtung sah, wird jetzt dargestellt.

Was den einzelnen Organismus und dessen folgende Entstehung betraf, so erklärte er dies nach dem Begriff der Metamorphose, den Goethe mit seiner Pflanzenlehre geprägt hatte.²⁷³ So durchlief jedes Individuum vom ersten Moment seines Lebens an einen andauernden Veränderungsprozess. „*Das Periodische bezogen auf die Bildung ist die Metamorphose.*“²⁷⁴ Klar begrifflich definiert erläuterte Döllinger die morphologischen Veränderungen, die ein einzelnes Lebewesen innerhalb einer bestimmten Zeitspanne erfuhr. Demnach entstand ein Individuum durch Metamorphose. Nicht nur an dieser Stelle beschrieb Döllinger die Bildung des tierischen, ja sogar des menschlichen Organismus, analog zu dem der Pflanze. Immer wieder finden sich in dem Abschnitt „*Geschichte des Foetus*“²⁷⁵ gewagte, bildhafte Vergleiche der Entwicklungsprozesse des Menschen mit denen der Pflanzen. So teilte Döllinger die verschiedenen Lebensphasen des Menschen in drei große Abschnitte ein, wobei die Embryonalentwicklung im Mutterleib „*die Periode des Pflanzenlebens*“²⁷⁶ war. Demnach sprach er von der Blüte des Hirns und den Wurzeln des Embryos,²⁷⁷ welche die Frucht in den Mutterkuchen schlug. Dies ist im völligen Einklang mit der Naturphilosophie zu werten. In einem Brief vom Januar des Jahres 1801, den Schelling an Goethe verfasste, stellte der Naturphilosoph die außerordentliche Rolle von Goethes Theorie der Metamorphose der Pflanzen, für

²⁷² Schmuck 2010, 63: Gerade dieses Polaritätsmodell in Bezug auf die Embryonalentwicklung des Menschen baute Döllinger in seinem Werk zur menschlichen Zeugung von 1816, also rund elf Jahre später, differenzierter aus.

²⁷³ Richards 2017, 223: Goethe beschrieb die Metamorphose der Pflanze so, dass aus einer grundlegenden Anlage, die bereits alles Nötige für den Entwicklungsprozess enthielt, sich allmählich alle Teile der Pflanze bildeten.

²⁷⁴ Döllinger 1805, 27.

²⁷⁵ Ebd., 304–323.

²⁷⁶ Ebd., 301.

²⁷⁷ Ebd., 310.

eine allumfassende Erklärung der Bildung der Natur mit all ihren Geschöpfen, heraus.²⁷⁸

Doch neben diesen weitgreifenden Analogieschlüssen beschrieb Döllinger auch sachlich die Ausbildung der verschiedenen, embryonalen Strukturen, wie die der Eihäute und die der Nabelschnur. Außerdem lieferte er eine korrekte Darstellung der Struktur und der Funktion des embryonalen Kreislaufs. Besonders verblüffend ist hier, wie genau Döllinger schon die Funktion der Verbindung zwischen mütterlichen und kindlichem Blut in der Plazenta erklärte: *„Mit diesen Veränderungen der Art und Weise, wie der Foetus den Nahrungsstoff aufnimmt, entsteht eine neue Beziehung zu Foetus zur Mutter, denn das in sich beschlossene Blutgefäßsystem, welches den kindlichen Teil des Mutterkuchens bildet, hat nun offenbar zur Mutter das Verhältnis einer Lunge zur Atmosphäre, und das Blut des Foetus wird hier gesäuert [mit Sauerstoff versorgt] [...]. Daß neben der Säuerung des Bluts in den Mutterkuchen noch nebst der Aufsaugung des Nahrungsstoffes statt habe, kann gar nicht befremden [...].“*²⁷⁹ In den folgenden Abschnitten suchte Döllinger eine möglichst vollständige Darstellung der verschiedenen Entwicklungsschritte zu vermitteln, wobei er auf das makroskopisch sichtbare Wachstum des Embryos, die Bildung der Extremitäten mitsamt der Knochen, Knorpel und Muskeln, sowie auf die Entstehung des Herzkreislaufsystems, der Drüsen, der Geschlechtsorgane und des Auges einging. Hierbei beschränkte er sich lediglich auf makroskopische, anatomische Begriffe, wenngleich er diese nicht besonders detailliert beschrieb. Er verzichtete auf eine Interpretation dieser Strukturen und der Art und Weise, wie sich der Embryo im Mutterleib entwickelte.²⁸⁰

Döllinger war zusammenfassend bemüht, die Entstehung der belebten Natur in einem allgemein gültigen, philosophischen Konzept zu erklären. Nun waren diese

²⁷⁸ Richards 2017, 231.

²⁷⁹ Döllinger 1805, 304–317.

²⁸⁰ Ebd., 317–323.

Thesen vorerst sehr allgemein gehalten und erlauben nur die Annahme, dass Döllinger eher von einer epigenetischen Sichtweise in der Ontogenese ausging. Selbstverständlich konnte ein Naturforscher zu Beginn des 19. Jahrhunderts es nicht vermeiden, die Streitfrage zwischen Epigenese und Präformation zu diskutieren, wenn er sich mit der Bildung des Organismus beschäftigte. Ausführlich widmete sich auch Döllinger eben dieser Diskussion im Abschnitt ‚*Von der Zeugung*‘.²⁸¹ Dass es nur wenige, empirische und rationale Beweise im beginnenden 19. Jahrhundert für interessierte Naturforscher gab, war zum einen in voreingenommenen Forschungen, wie sie Albrecht von Haller durchführte,²⁸² begründet, zum anderen darin, dass eben durch die Hinwendung zu philosophischen Konstrukten die Experimente gar nicht erst durchgeführt wurden.²⁸³ Gerade die embryologische Forschung erfolgte über einen Zeitraum von mehr als 150 Jahren sporadisch und diskontinuierlich.²⁸⁴ Dies führte dazu, dass eine rein rationale Klärung, ob die Theorie der Epigenese oder die der Präformation anzunehmen waren, vorerst nur schwer möglich war.

Durch seine rationale Denkweise, etablierte Thesen kritisch zu hinterfragen war sich Döllinger der mangelhaften, wissenschaftlichen Grundlage entwicklungsgeschichtlicher Theorien durchaus bewusst. So zog Döllinger auf rein rationaler Ebene seine Schlüsse aus dem anhaltenden Streit zwischen den Vertretern beider Theorien. *„Man kann sich schon aus der Richtung, welche der Streit über die Zeugungstheorien genommen hat, überzeugen, wie wenig es einer Theorie gelungen sey, die andere vollständig zu widerlegen. [...]; denn beyde Theorien hatten sich zwey verschiedene Aufgaben gedacht, und jede hätte da einiges Recht auf ihrer Seite gehabt, wo in der anderen eine Lücke gelassen war. Inzwischen war die Einschachtelungstheorie, mit dem groben und erdichteten Materialismus, den man ihr zu Recht so oft vorwarf, beschwert, während die*

²⁸¹ Ebd., 141–147.

²⁸² Bäumer-Schleinkofer 1993, 189–190.

²⁸³ Rotschuh 1953, 92.

²⁸⁴ Schmuck 2010, 245.

*Epigenese, vorzüglich durch Blumenbachs Bemühungen, von solchen willkürlichen Annahmen, [...], gereinigt war, und dadurch einen anschauenden Vorzug über Erstere gewann.*²⁸⁵ Sehr deutlich geht hieraus Döllingers kritische Art hervor mit welcher er, sowohl die Theorie der Präformation als auch die der Epigenese, hinterfragte. Er sah sich aufgrund dieser Lücken der beiden Theorien nicht in der Lage, sich, eine allumfassende Erklärung der Entwicklungsprozesse zu formulieren. Worin bestanden laut Döllinger nun diese Lücken? Den Bildungstrieb und die damit verknüpfte Lehre der Epigenese nahm Döllinger uneingeschränkt für die Embryonalentwicklung des Individuums an: *„Nämlich weil der Bildungstrieb, was er gestalte, notwendig als Individuum setzt, so sind auch alle seine fernern Wirkungen jederzeit an das Individuelle geknüpft [...].“*²⁸⁶ Allerdings beruhte Döllingers Zustimmung allein auf Blumenbachs entwickelter Theorie des Bildungstrieb und noch nicht auf eigenen, praktischen Experimenten, oder auf den embryologischen Forschungen anderer Wissenschaftler.

Mc Laughlin sieht in der Begründung des Bildungstrieb auf theoretischer Ebene in den Wissenschaften der Embryologie und Physiologie zum ersten Mal die Möglichkeit gegeben, die Struktur des einzelnen Organismus mit der gesamten belebten Natur an sich zu verbinden. Hiermit legte Blumenbach die Voraussetzungen, eine vom einzelnen ausgehende, deduktive und experimentelle Wissenschaft zu betreiben, auf deren Erkenntnissen man nun Lehren über die Funktion des Lebens treffen konnte. In diesem Sinne trug er also maßgeblich dazu bei, die Wissenschaft der Biologie zu begründen.²⁸⁷

Bei der Beurteilung des damaligen, wissenschaftlichen Stands zu entwicklungs-geschichtlichen Fragestellungen gilt es zu berücksichtigen, dass im Jahr 1805 Caspar Friedrich Wolffs Abhandlung über die Bildung des Darmkanals noch nicht in Deutschland publik gemacht worden war. In ebendieser Arbeit beschrieb Wolff erstmalig die

²⁸⁵ Döllinger 1805, 146–147.

²⁸⁶ Döllinger 1805, 147.

²⁸⁷ Mc Laughlin 1982, 358.

Bildung eines Organsystems, ganz im Sinne der Epigenese, aus einer blattförmigen Anlage heraus.²⁸⁸ Auch in der hinzugezogenen Literatur Döllingers, auf die er sich in seinem Werk berief, ist an keiner Stelle ein Verweis auf das Werk Wolffs zu finden. Obwohl Caspar Friedrich Wolff bereits zwei embryologische Werke veröffentlicht hatte, in denen er die Theorie der Epigenese zu bekräftigen suchte, dominierten weiterhin die Vertreter der Präformation das Gebiet embryologischer Forschungsfragen.²⁸⁹ Schließlich veröffentlichte Meckel die Abhandlung Wolffs über die Bildung des Darmkanals im Hühnerembryo 1812 in deutscher Sprache, sodass dies einen Durchbruch der epigenetischen Sichtweise im deutschsprachigen Raum bewirkte.²⁹⁰ Hiermit fehlte es dem Würzburger Professor im Jahr 1805 also an einem entscheidenden Beitrag, welcher einen großen Schritt weiter zur empirischen Klärung der Streitfrage zwischen Epigenese und Präformation führte.

Denn wie bereits aus Döllingers ersten Ausführungen über sein Verständnis von Entwicklung hervorging, war der Bildungstrieb für ihn in der Natur an sich verankert und wirkte somit auf alle Lebensprozesse.²⁹¹ Der Bildungstrieb stellte die Verbindung zwischen der Struktur des Individuums und den allgemein gültigen Gesetzen aller organischen Erscheinungen in der Natur her.²⁹² Bildung bedeutete somit für den Döllinger nicht nur Embryonalentwicklung, sondern auch die allgemeine Bildung des Lebens, der verschiedenen Arten. In seinem Streben, auch dies ausreichend zu erklären, sah er die Theorie der Epigenese, oder die der ‚*Allmählichen Bildung*‘, wie er sie selbst nannte, als nicht ausreichend an.

²⁸⁸ Bäumer-Schleinkofer 1993, 196: Caspar Friedrich Wolff hatte bereits diese beiden Werke über entwicklungsgeschichtliche Fragestellungen veröffentlicht: ‚*Theorie von der Generation*‘ (1759, 1769); ‚*Über die Bildung des Darmkanals im bebrüteten Hühnchen*‘ (1768-1769).

²⁸⁹ Ebd.

²⁹⁰ Ebd.

²⁹¹ Mc Laughlin 1982, 358.

²⁹² Ebd.

Döllinger gelang es folglich bereits, zwischen den Begriffen der Phylogenese und Ontogenese zu unterscheiden. Diese Unterscheidung führte dazu, dass der Würzburger Professor sowohl die Theorie der Epigenese als auch die Theorie der Präformation hinterfragte, inwiefern sie fähig waren, Ontogenese und Phylogenese gemeinsam erklärend zu erfassen. Seine Zweifel, dass mit einem der beiden Konzepte eine endgültige Einsicht erreicht worden war, formulierte er aussagekräftig: „*Haben sich die Anhänger der Einschachtelungstheorie die Frage, wie organische Körper durch die Zeugung entstehen, entweder gar nicht gedacht, oder durch die Berufung an die erschaffende Allmacht gelöst, so hat auf der anderen Seite die Lehre der allmählichen Bildung (theoria epigeneseos) keine Antwort auf die Frage, welche in der Evolutionstheorie [Präformationstheorie], freylich sehr handgreiflich, gelöst war; denn diese Ansicht [Epigenese] reicht zwar hin, die Entstehung einzelner organischer Körper aus andern zu erklären, ist aber ausser Stande, zu zeigen, warum vermöge der Bildungstrieb durch die Zeugung nur immer die Gattungen erhalten werde.*“²⁹³ Im Gegensatz zu Blumenbach, der den Bildungstrieb ebenso für die Entstehung und Erhaltung unterschiedlicher Arten der Flora und Fauna verantwortlich machte,²⁹⁴ hinterfragte Döllinger also kritisch, ob der Bildungstrieb allein tatsächlich ausreichend erklärend für die Mannigfaltigkeit der verschiedenen Erscheinungsformen des Lebens war, ontogenetisch sowie phylogenetisch. Wie verstand Döllinger Entwicklung universell gesehen, auf die allgemeinen Gesetze der Entstehung der Arten übertragen?

Bei der Entwicklung der Arten ging Döllingers Ansicht von einer sexuellen Entstehung aus: „*Alles Daseyn eines Organismus hat nothwendig einen Anfang; nimmt ein Organismus seine Ursprung in und durch einen andern derzelben Gattung, so heißt er gezeugt; [...]*“²⁹⁵ Gattung bedeutete bei ihm demnach eine Gruppierung von bestimmten Lebewesen, die durch sexuelle Fortpflanzung innerhalb dieser Gruppe den Bestand

²⁹³ Döllinger 1805, 146.

²⁹⁴ Mc Laughlin 1982, 358.

²⁹⁵ Döllinger 1805, 142.

an Individuen aufrechterhielten. Wie aber entstanden diese verschiedenen, unter allgemeinen Merkmalen erfassten Arten? Betrachten wir zunächst wieder den ersten Teil, in welchem er die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten über Entwicklungsvorgänge formulierte. Die ganze organische Natur bestand aus Individuen, die sich aufgrund ihrer äußerlichen Merkmale und ihres „*Verhältnisses zu den Aussendungen*“²⁹⁶ voneinander unterscheiden ließen. Anhand dieser Merkmale konnte man ihr allgemeines Vorkommen bestimmen: „*In so ferne mehrere Organismen, Erscheinungen, Theile, Bewegungen nach einem gemeinschaftlichen Geseze unter sich übereinstimmen, entstehen Gattungen; denn Gattung ist der objective Ausdruck des Gesezes [...]*“²⁹⁷ In der Bildung der Gattungen sah Döllinger gleichzeitig den Sinn und Definition der Zeugung. „*Dieses nun ist die Zeugung, nämlich die Reproduction des Allgemeinen, der Gattung, durch und mit Individuen.*“²⁹⁸ Hier wird deutlich, dass er Ontogenese und Phylogenese als untrennbar voneinander ansah, die Entstehung der Arten war wiederum von der Zeugung durch Individuen abhängig. Es ist nachvollziehbar, dass Döllinger somit in seinen entwicklungsgeschichtlichen Forschungen um eine ganzheitliche Erklärung bemüht war, welche die Ontogenese gleich wie die Phylogenese berücksichtigte.

Einen großen Einfluss auf Döllingers Interpretation, wie verschiedene Gattungen entstanden, hatte sicher Schelling, wie die folgenden Auszüge aus Döllingers Zeugungslehre zeigen, in welchem er ein starres Klassifikationssystem der Lebewesen stark anzweifelte. „*Hat man die in der Zeugung durch Hervorbringung der Gattung ausgedrückte Allgemeinheit allein vor Augen, und sieht man nicht auf den Ausgang von der Besonderheit des Individuums, [...], so entsteht die Einschachtelungstheorie (theorie evolutionis sive involutionis). [...]. Denn war einmal die Bemerkung der Beziehung des Zeugens auf die Gattung gemacht, so konnte man sich die damit ausgedrückte Allgemeinheit, [...], nur als eine dauernde Existenz aller zu einer Gattung gehörenden*

²⁹⁶ Ebd., 18.

²⁹⁷ Ebd., 19–20.

²⁹⁸ Döllinger 1805, 141.

*Individuen, und die Zeugung selbst als eine successive Entwicklung derselben vorstellen.*²⁹⁹ Gerade der Begriff der „*dauernden Existenz*“³⁰⁰, verbunden mit dem vom Gott erschaffenen Individuum,³⁰¹ genügte dem vielseitig interessierten Naturforscher nicht, um die Entstehung der verschiedenen Arten zu erklären. Der Begriff Entwicklung war zu Döllingers Forschungszeiten stark präformistisch geprägt, im wörtlichen Sinne von Evolution, oder Entwicklung.³⁰² Die bereits ausgeformten Strukturen des Organismus wurden also nur schrittweise, „*successiv*“³⁰³, sichtbar, entwickelten sich buchstäblich im Verlauf der Embryogenese, wobei sich die bereits vorhandenen Keime hierfür nur aus ihrer Elterngeneration entfalten mussten, in welchen sie vorher schon existiert hatten.³⁰⁴

Döllinger stellte sich hier klar gegen eine statische Einteilung der Arten, sowie gegen ein präformistisches Verständnis der Ontogenese, sondern bevorzugte viel mehr ein dynamisches Modell, wie es Schelling vertrat. Richards stellte in seiner Analyse von Schellings Verständnis der Entstehung des Lebens heraus, dass dieser sehr wohl, ausgehend von einer bereits organisch existierenden Natur, eine immer fortwährende Veränderung der verschiedenen Lebewesen für möglich hielt.³⁰⁵ Hierbei muss differenziert auf Schellings Aussagen eingegangen werden, um zu erkennen, dass er zwar in seinem ‚*Ersten Entwurf eines Systems der Naturphilosophie*‘ die schrittweise Veränderung der

²⁹⁹ Ebd., 144–145.

³⁰⁰ Ebd., 145.

³⁰¹ Jahn 2004b, 256: Sehr schön ist das Verständnis dieser Art von Präformationstheorie hier erklärt: „*Die unweigerliche Folge der Verneinung der spontanen Entwicklung der Organismen war die Annahme, daß alle Keime schon von Anbeginn bei der Erschaffung der Welt geschaffen worden waren. Dann wurde es notwendig, zu erklären, auf welche Weise sie bis heute erhalten blieben, obwohl jede Pflanzen- und Tierart in jeder Generation immer neue Individuen hervorbringt.*“ Hieraus leitete sich die Einschachtelungstheorie ab, die populär von Bonnet und Haller vertreten wurde und wonach in vorhandenen Lebewesen bereits deren Nachfolger enthalten waren.

³⁰² Ebd., 257: Evolutionstheorie und Entwicklungstheorie wurden im 18. Jahrhundert, teilweise bis ins beginnende 19. Jahrhundert, synonym für den Begriff der Präformationstheorie verwendet.

³⁰³ Döllinger 1805, 145.

³⁰⁴ Schmuck 2010, 17: Vgl. hier für eine detaillierte Darstellung der Präformation und Einschachtelungstheorie, wie sie Bonnet vertrat.

³⁰⁵ Richards 2017, 235.

verschiedenen Gattungen verneinte, dies jedoch nur tat, da ihm das Modell einer mechanistischen Stammesgeschichte³⁰⁶ nach Erasmus Darwin (1731- 1802)³⁰⁷ zu eindimensional und unzureichend erschien.³⁰⁸ Stattdessen forderte Schelling die Theorie einer „*dynamischen Evolution*“.³⁰⁹ Der Entwurf war teilweise in Zusammenarbeit mit Johann Wolfgang von Goethe entstanden und so war bei beiden Naturforschern das Ziel dieser schrittweisen Entwicklung die Vervollkommnung der Natur.³¹⁰ Eben dieser morphologische Wandel des Organismus und der verschiedenen Gattungen, im Zusammenhang mit der sich ständig verändernden Außenwelt, war der Weg zu dieser finalen, vollkommenen Stufe der Entwicklung.³¹¹ Nun fand sich in Döllingers Verständnis der Entstehung der verschiedenen Erscheinungsformen zwar nicht die Idee der vollkommenen Naturerscheinung, aber auch er ging von einer ganzheitlichen Natur aus, die permanenter Veränderlichkeit unterworfen war, wodurch auch er ein starres Konzept, wie das der Einschachtelungstheorie, nicht annehmen konnte.

Entwicklungsgeschichte des Individuums und der verschiedenen Arten waren also zentrale Fragen, die Ignaz Döllinger 1805 beschäftigten. Insgesamt zeigt sich immer wieder, wie kritisch er sich mit bereits bestehenden, entwicklungsgeschichtlichen Theorien auseinandersetzte und versuchte, eine Erklärung für diese grundlegende, existentielle Frage nach der Entstehung des Lebens zu finden. Er hatte offensichtlich bereits an menschlichen Embryonen geforscht, wenngleich seine Ergebnisse hier kein tiefgreifenderes Verständnis der frühen Embryonalentwicklung zuließen. Die Erforschung der frühen Stadien der Embryonalentwicklung ist es aber gerade, welche mit Leichtigkeit

³⁰⁶ Jahn 2004a, 283: Erasmus Darwins ‚*Zoonomia or the laws of organic life*‘ war 1795-1797 in deutscher Sprache erschienen. Hierin versuchte der Großvater von Charles Darwin alle Lebensprozesse der Natur umfassend nach Hallers Lehre von Irritabilität und Sensibilität mechanistisch zu erklären.

³⁰⁷ Jahn 2004c, 805: Erasmus Darwin (1731-1802) war der Großvater von Charles Darwin und wirkte als praktischer Arzt und Wissenschaftler. Er beschäftigte sich mit Gesetzmäßigkeiten der Flora und Fauna.

³⁰⁸ Richards 2017, 230.

³⁰⁹ Ebd., 230: Schelling zitiert nach Richards.

³¹⁰ Ebd., 230–231.

³¹¹ Ebd., 231.

Klarheit in der Kluft zwischen Epigenese und Präformation geschaffen hätte.³¹² Um dies zu erreichen, fehlte es ihm offensichtlich noch an methodischer, wissenschaftlicher Effizienz. Bei seiner Beschreibung der menschlichen Embryonalentwicklung fehlt jeder Hinweis auf die angewandte Methodik, mit welcher er die Embryonen untersuchte. Es ist zwar anzunehmen, dass er bereits hier die Mikroskopie anwandte, doch seine Beobachtungen blieben zu unsystematisch. Zur systematischen Beobachtung der Embryonalentwicklung mit dem Mikroskop eignete sich auch ein anderes Studienobjekt viel besser, nämlich die Entwicklung des Hühnchens im Ei.³¹³

So begann Döllinger wohl schon bald mit den mikroskopischen Untersuchungen am Hühnerembryo, wie seine gemeinsamen Studien mit seinem Schüler Lorenz Oken aus dem Jahr 1805 beweisen. Oken kam 1804 in Würzburg an und forschte an der Bildung des Darmkanals im Hühnerembryo, was er in seiner Habilitationsschrift von 1805 ‚*Die Zeugung*‘ aufgriff. Da Oken hier bereits von ‚*Infusorien*‘ sprach, nach heutigem Verständnis meinte er Zellen, musste er, unter Döllingers Anleitung, bereits ein Mikroskop bei seinen Forschungen verwendet haben, da er die Zellen ja sonst nicht hätte sehen können.³¹⁴ Der Hühnerembryo, als ideales Objekt, um alle Stadien der Embryonalentwicklung in vivo zu beobachten, sollte noch in den folgenden elf Jahren Gegenstand Döllingers Forschungen bleiben. Neben der Entwicklung des Individuums interessierte

³¹² Schmuck 2010, 104–105: Vgl. hierzu auch Schmucks These, dass Panders durchbrechender Erfolg in der Darlegung einer epigenetischen Keimentwicklung aus einer blattförmigen Anlage unter anderem auf der Tatsache beruhte, dass er sich eben auf die Beschreibung der ersten fünf Entwicklungstage konzentrierte.

³¹³ Bäumer-Schleinkofer 1993, 1–5: Als besser verfügbares Forschungsobjekt, dessen Entwicklung man vom absoluten Anfang an völlig mitverfolgen konnte, zog sich das Hühnerei schon seit der Antike durch die Geschichte der Embryologie. Natürlich galt häufig das eigentliche Interesse der menschlichen Embryonalentwicklung, was aber mit der Schwierigkeit verbunden war, überhaupt menschliche Embryonen zu erhalten und zum anderen, dass deren Entwicklung, wenn einst von der Mutter getrennt, nicht mehr mitverfolgt werden konnte.

³¹⁴ Gerabek 2001, 57–58: Oken kam 1804 in Würzburg an und forschte an der Bildung des Darmkanals im Hühnerembryo, was er in seiner Habilitationsschrift von 1805 ‚*Die Zeugung*‘ aufgriff. Da Oken hier bereits von ‚*Infusorien*‘ sprach, nach heutigem Verständnis meinte er Zellen, musste er, unter Döllingers Anleitung, bereits ein Mikroskop bei seinen Forschungen verwendet haben, da er die Zellen ja sonst nicht hätte sehen können.

sich Döllinger ebenso für die Entstehung der verschiedenen Gattungen. In seinen folgenden Würzburger Jahren sollte er die ‚*Vergleichende Anatomie*‘ leidenschaftlich betreiben,³¹⁵ indem er neben seinen Vorlesungen hierzu auch ausgewählte Schützlinge privat praktisch unterrichtete.³¹⁶ Entwicklungsgeschichte allumfassend zu verstehen, war ein wissenschaftliches Problem, welches Döllinger intensiv beschäftigte. Die Motivation seiner embryologischen Forschungen war, wie aus der Analyse seines Grundrisses hervorgeht, in erster Linie philosophisch begründet. Wie Schmuck bereits in seinem Werk ‚*Baltische Genesis*‘ schloss, wurzelten die Ursprünge embryologischer Forschungen und die hieraus abgeleiteten Thesen tief in der Naturphilosophie.³¹⁷ Neben dieser philosophisch inspirierten Motivation war es sicher auch Döllingers Begeisterung für Naturforschung und seine Art, Naturvorgänge grundlegend wissenschaftlich erfassen zu wollen, welche ihn zu weiteren Untersuchungen anspornte. Hierbei lag sein großer Vorteil in seiner rationalen, kritischen Denkweise, welche ihn zu genauen, wissenschaftlichen Untersuchungen führte. Wie er versuchte, die Entstehung des Lebens in seinen folgenden Würzburger Jahren zu erforschen, wie ihn dabei weiterhin die Naturphilosophie beeinflusste und inwiefern er eine wissenschaftliche Methodik entwickelte, soll im nächsten Punkt dargestellt werden.

4. Naturphilosophische Prinzipien im chronologischen Vergleich in Döllingers Werk

a. Döllingers Forschungen zum Ursprung des Lebens im Wandel

Dass Döllinger frühzeitig Interesse an der Erforschung menschlicher Embryonen hatte, lässt sich aus einem Briefwechsel zwischen Lorenz Oken und Schelling schließen.

³¹⁵ Gerabek 1995, 333: Neben seinen Vorlesungen und neben dem privaten, praktischen Sezierenunterricht seiner Studenten in der Vergleichenden Anatomie gründete Döllinger auch die ‚*Zootomisch-physiologische Gesellschaft*‘ in Würzburg.

³¹⁶ Baer 1866, 167: Karl Ernst von Baer kam 1815 in Würzburg an und bezog bei Döllinger Quartier, wo er umfassend privat in Vergleichender Anatomie unterrichtet wurde.

³¹⁷ Schmuck 2010, 245–246.

In einem Brief vom 9. Juli 1805 formulierte Oken den Wunsch, Professor Döllinger davon zu unterrichten, dass er selbst gerne die Möglichkeit hätte, menschliche Embryonen zu sezieren: „*Wollen Sie doch diese Geschichte auch Herrn Professor Döllinger mittheilen, ich weiß daß es ihn interessirt. Wenn etwa Sie oder Hr. Döllinger ein Mittel wissen, wie ich in's Klare kommen könnte, [...]*.“³¹⁸ Döllinger setzte seine Untersuchungen an menschlichen Embryonen offensichtlich fort. Dabei beschäftigte er sich unter anderem mit der Entwicklung des Gehirns. Seine Ergebnisse hielt er in seinem Werk *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des menschlichen Gehirns*³¹⁹ aus dem Jahr 1814 fest. Das Werk umfasste die genaue anatomische Beschreibung der Entwicklung des menschlichen Gehirns in unterschiedlichen Altersstufen des Foeten.³²⁰ Was das Alter der Foeten betraf, so datierte er dies „*[...] theils nach Aussagen der Mütter und Hebammen, von welchen ich dieselben erhielt, theils nach ihren Zeichen und nach Abbildungen zu bestimmen gesucht*.“³²¹ Gleichzeitig erwähnte Döllinger damit auch, woher er die menschlichen Embryonen für seine Untersuchungen bekommen hatte. Dabei verwandte er die Methode, verschiedene Entwicklungsstadien nacheinander zu untersuchen und durch die morphologischen Unterschiede der verschiedenen Altersstufen empirisch auf den Entwicklungsprozess zu schließen. Selbstverständlich war dies ein langwieriger Arbeitsprozess und führte zwangsläufig zu unvollständigen Beobachtungen. Die Morphologie hielt er hierbei auf detailgetreuen Kupferstichen fest. Diese Methode lehrte er auch seinen Schülern, wie beispielsweise Christian Heinrich Pander.³²²

³¹⁸ Gerabek 1995, 328: Lorenz Oken zitiert nach Gerabek, in einem Brief an Schelling vom 09. Juli 1805

³¹⁹ Döllinger 1814a.

³²⁰ Ebd., 20: Beispielsweise beschrieb Döllinger hier die Teilung des Gehirns in seine Hemisphären. Bei einem sechs Wochen alten Embryo hatte er die Teilung des Großhirns bereits vollständig gesehen. „*Das kleine Hirn dagegen zeigt die Theilung in Hälften um so weniger, je jünger der Foetus ist, und im jüngeren Embryo noch gar nicht [...]*.“

³²¹ Döllinger 1814a, 25.

³²² Pander 1817b, 13-15: Pander beschrieb, dass er verschiedene Eier nacheinander mikroskopierte, in der Hoffnung, so stückweise und chronologisch sortiert, sich nach und nach die Entwicklungsvorgänge des Hühnerembryos während der ersten fünf Tage erschließen zu können.

Was Döllingers wissenschaftlichen Werdegang als Anatom betraf, so war hier eindeutig ein Umschwung in seinen Werken zu verzeichnen. Gerabek schilderte bereits den Wandel Döllingers, der sich zwischen 1804 und 1814 vollzog.³²³ Als Beispiel diente hierfür das gleiche Werk Döllingers aus dem Jahr 1814, *Beyträge zur Entwicklungsgeschichte des menschlichen Gehirns*.³²⁴ welches sich auf genaue, anatomische Studien des menschlichen Embryos berief.³²⁵ Den Inhalt des Werks betrachtend war auffällig, dass er sich auf eine Erläuterung seiner Methodik, sowie eine Beschreibung seiner Untersuchung, beschränkte. Dies entsprach einem logischen Aufbau einer Forschungsarbeit aus heutiger Sicht.³²⁶

Dieser Umschwung hin zu einer rationalen Arbeitsweise findet sich in einem weiteren Werk Döllingers, welches 1818 erschien und sich mit der Anatomie des menschlichen Auges befasste.³²⁷ In dieser Arbeit stand die genaue anatomische Untersuchung im Vordergrund und er schrieb deren Ergebnisse, ohne jegliche Interpretationen im Sinne der Naturphilosophie, nieder.³²⁸ Was Döllingers eigene, naturwissenschaftliche Erkenntnisse über die Anatomie des Strahlenblättchens des menschlichen Auges anging, so schrieb er: „*Daß das Strahlenblättchen muskulöser Natur sey, ist eine Vermuthung Rudolphis, welcher ich nichts anders als beypflichten kann. [...], die mikroskopischen Beobachtungen machen dieses höchst wahrscheinlich.*“ Folglich diskutierte er diesen naturwissenschaftlichen Sachverhalt objektiv, anhand seiner eigenen, mikroskopischen Studien.³²⁹ Sehr deutlich tritt in beiden Werken, über die

³²³ Gerabek 1995, 331–334.

³²⁴ Döllinger 1814a.

³²⁵ Gerabek 1995, 333.

³²⁶ Döllinger 1814a: Beispielhaft ist das Werk *„Beyträge zur Entwicklungsgeschichte des menschlichen Gehirns“* zu nennen.

³²⁷ Döllinger 1818b: Sowie sich in *„Über das Strahlenblättchen des menschlichen Auges“* ein logisch strukturiertes, auf mikroskopischen Untersuchungen basierendes, wissenschaftliches Werk findet

³²⁸ Gerabek 1995, 333.

³²⁹ Döllinger 1818b, 10.

Gehirnentwicklung und die Anatomie des Auges, hervor, dass Döllinger seinen mikroskopischen Studien großen, wissenschaftlichen Bedeutungswert beimaß.

Wenngleich es dem Professor gelungen war, eine systematische, wissenschaftliche Methodik in der Mikroskopie zu entwickeln, mit der er zu empirisch gewonnenen Erkenntnissen gelangte, konnte er die Naturphilosophie in der Zeitspanne nicht hintergänglich hinter sich lassen, was die Deutung seiner Forschungsergebnisse betraf. Obgleich Döllingers Werk über die Entwicklung des menschlichen Gehirns von 1814, wie Gerabek schon feststellte,³³⁰ weitaus weniger unter dem Einfluss der Naturphilosophie stand, beeinflussten philosophische Konzepte weiterhin sehr prägend Döllingers Verständnis von der Entstehung des Lebens, wie ein weiteres Werk des Würzburger Professors aus dem Jahr 1814 zeigt, nämlich *Über den Werth und die Bedeutung der Vergleichenden Anatomie – Ein Programm*³³¹.

Dies war tatsächlich ein Programm des Würzburger Anatomen, sich mehr mit der Vergleichenden Anatomie, um der wissenschaftlichen Erkenntnis willen, auseinanderzusetzen, wobei er sich vor allem an andere Naturforscher richtete.³³² Der Sinn vergleichender, anatomischer Studien wiederum war ganz der Naturphilosophie nach Schelling und Goethes Metamorphosenkonzept entlehnt: *„Es ist ein Eigenthum der Organismen ihren Lebensprozeß, ihr Streben, sich als Ganzes darzustellen, [...]“*³³³ Im Einklang mit Schellings Naturphilosophie ging Döllinger davon aus, dass die Mannigfaltigkeit der Lebensformen in ihrer Bildung eine allumfassende, finale

³³⁰ Gerabek 1995, 331–334.

³³¹ Döllinger 1814b.

³³² Döllinger 1814b, 31: *„Es kann sich nicht fehlen, daß eine Wissenschaft von solchem Umfange und Gehalte, wie die vergleichende Anatomie auch auf andere Doctrinen ein wohltätiges Licht verbreite. Die Naturgeschichte der Thiere, die menschliche Anatomie, die Medizin können von ihr unmittelbare Aufklärung erhalten, und überhaupt, da doch die Natur ein unzertrennliches Ganzes ist, [...], kann jeder Naturforscher, im ganzen Umfang des Worts ihrer nicht entbehren, ohne Gefahr einseitig zu werden.“*

³³³ Ebd., 15.

Entwicklungsstufe anstrebte.³³⁴ Indem man die Morphologie der Tiere studierte, konnte man eben diese „*Natur des Lebensprozesses*“³³⁵ untersuchen. Durch den Vergleich der einzelnen Entwicklungsschritte war es möglich, allumfassende Schlüsse über die Bildung der Natur zu treffen. Besonders deutlich wird das Ziel, welches Döllinger in seinen vergleichenden Studien verfolgte, im folgenden Abschnitt: „*Damit wird das Vergleichen des Zootomen Geschäft; er soll Thatsachen zusammenstellen und untersuchen, worin sie sich ähnlich und worin sie sich unähnlich sind, er soll sie mit der Idee des Lebens zusammenhalten, und erforschen, wie sich das eine und selbe durch eine Reihe von Metamorphosen durchbilde, er soll den Grundtypus des Thierkörpers und eines jeden Organs durch Abstraction festsetzen und die Gesetze der vielseitigen Abweichungen vom Grundtypus aufsuchen. Durch dieses Bemühen wird die Zootomie zur vergleichenden Anatomie*“³³⁶ Den Begriff des ‚Grundtypus‘ führte Döllinger neu in seine Wissenschaft ein. Hier tritt der Einfluss Schellings, und somit auch der Goethes, in Döllingers Verständnis von der Bildung der verschiedenen Arten, hervor. Schon Johann Wolfgang von Goethe hatte 1780 seine vergleichenden, anatomischen Studien begonnen, um einen „*allgemeinen Typus der Wirbeltiere*“³³⁷ zu entdecken. So setzte Goethe diesen Typus als Grundlage der verschiedenen, morphologischen Erscheinungen voraus und sah den Schluss auf dieses allgemeine Gesetz des Typus erst durch die objektive, anatomische, vergleichende Studie als möglich an.³³⁸ Er weitete die Gültigkeit dieses Konzepts von der Fauna auf die Flora aus, sodass er auch den einheitlichen, grundlegenden Typus der Pflanze definierte und seine Untersuchungen im Jahr 1790 in seinem Werk ‚*Versuch, die Metamorphose der Pflanze zu erklären*‘ darlegte.³³⁹ Zusammengenommen ergaben

³³⁴ Richards 2017, 230–231: Schellings Verständnis von der Entstehung der Arten war geprägt von Veränderlichkeit der Organismen während ihrer Lebenszeit. Diese Veränderlichkeit war dennoch an das finale Ziel eines idealen Archetypus geknüpft, in welchem sich allumfassend die Entwicklungsprozesse wiederfanden.

³³⁵ Döllinger 1814b, 17.

³³⁶ Ebd., 18.

³³⁷ Jahn 2004a, 277.

³³⁸ Ebd.

³³⁹ Ebd., 278.

Flora und Fauna so die Studien der Morphologie, welche sich 1796 als neue Wissenschaft etablierte, ganz im Sinne Goethes.³⁴⁰ Goethes Lehre der Metamorphose bildete auch für Schelling die Grundlage für die Erklärung der Entstehung der Mannigfaltigkeit der belebten Natur.³⁴¹

Das Streben, die Entstehung der verschiedenen Arten grundlegend zu verstehen, hatte Döllinger bereits in seinem ‚*Grundriss*‘³⁴² von 1805 geäußert, wenngleich er dies damals noch nicht so systematisch formulierte, wie in seinem ‚*Programm*‘³⁴³ zur Vergleichenden Anatomie. Insgesamt wird aus Döllingers ‚*Programm*‘ eindeutig, dass der einzige Weg, die Entstehung der Lebewesen auf wissenschaftlicher und auf naturphilosophischer Ebene umfassend zu verstehen, das rationale Studium der anatomischen Struktur und der Vergleich der Morphologie untereinander war. Hieraus ließen sich dann erst Gesetzmäßigkeiten ableiten, wonach man eine grundlegende Gemeinsamkeit verschiedener Tierarten benennen konnte. Diese Anforderung an die Vergleichende Anatomie, grundlegende Gemeinsamkeiten, bei zunächst morphologisch unterschiedlich erscheinenden Lebewesen, zu definieren, war im Vergleich zu seinem Werk von 1805 neu. Neben embryologischen Forschungen am Individuum hatten Döllinger auch vergleichende, anatomische Studien für über elf Jahre intensiv beschäftigt. Er diskutierte die Bedeutung der Vergleichenden Anatomie nicht nur, er praktizierte sie in seinen Vorlesungen und im Privatunterricht seiner Studenten. So wurde der junge Karl Ernst von Baer nach seiner Ankunft in Döllingers Eigenheim im Jahr 1815 sofort im praktischen Sezieren verschiedener Tiere unterrichtet, nachdem der Student den Wunsch geäußert hatte, Vergleichende Anatomie zu studieren.³⁴⁴ Da Baer im Winter ankam, der Würzburger Professor die Vergleichende Anatomie aber nur im Sommer las,

³⁴⁰ Ebd., 279. Goethe zitiert nach Jahn: „*Gestaltenlehre ist Verwandlungslehre. Die Lehre der Metamorphose ist der Schlüssel zu allen Zeichen der Natur.*“

³⁴¹ Richards 2017, 231.

³⁴² Döllinger 1805.

³⁴³ Döllinger 1814b.

³⁴⁴ Baer 1866, 166–167.

wurde der junge Student zunächst scheinbar enttäuscht, bis Döllinger ihm antwortete: „*Wozu auch eine Vorlesung? Bringen Sie irgend ein Thier her und zergliedern Sie es hier – und dann wieder andere.*“³⁴⁵ So seziierte und präparierte Karl Ernst von Baer den Winter über unter Döllingers Anleitung und studierte nebenher einschlägige Literatur zu Vergleichender Anatomie.³⁴⁶

Döllingers Interesse für die umfassende Erforschung der Entwicklungsgeschichte blieb unverändert groß. 1816 schrieb er erneut eine ausführliche Abhandlung, *„Versuch einer Geschichte der menschlichen Zeugung“*³⁴⁷, deren Erklärungsmodell für den Ursprung des Lebens eindeutig der Naturphilosophie entnommen war.³⁴⁸ Anhand dieser naturphilosophischen Ideen versuchte Döllinger, den Ursprung des menschlichen Lebens zu erläutern. Sich auf Prinzipien der Gegensätzlichkeit berufend, ordnete Döllinger dem mütterlichen Ei bereits einen präformierten Organismus zu, der durch den männlichen Samen dazu angeregt wurde, sich im Sinne der Epigenese auszubilden.³⁴⁹ Hierin finden sich die Polaritätsmodelle seines Grundrisses von 1805 erneut aufgegriffen, wengleich Döllinger das Konzept der Polarität zwischen Männlich und Weiblich in seinem Werk von 1816 viel umfassender ausbaute.³⁵⁰

5. Die Bedeutung der Naturphilosophie für die embryologischen Forschungen Döllingers

Was Döllingers Standpunkt zur Naturphilosophie im Jahr 1815 betraf, so beschrieb Baer seinen Lehrer als „*einen philosophischen Kopf*“³⁵¹. Dennoch betonte Baer,

³⁴⁵ Ebd., 167.

³⁴⁶ Ebd., 167–169.

³⁴⁷ Döllinger 1816.

³⁴⁸ Schmuck 2010, 64–68: S. hier zu Döllingers Darlegung von der Entstehung des menschlichen Lebens und wie er dessen Ursprung und weitere Entstehung aus der Gegensätzlichkeit zwischen Weiblichkeit und Männlichkeit konstruierte. So sind hier Döllingers Konzepte, welche er der Naturphilosophie Schellings entnahm, ausführlich dargestellt.

³⁴⁹ Ebd., 65.

³⁵⁰ Ebd., 63–68.

³⁵¹ Baer 1866, 184.

dass Döllinger die Naturphilosophie nach Schelling weit hinter sich gelassen hatte und „[...] nicht gern von dieser Zeit [...]“³⁵² erzählte.³⁵³ Phillip Franz von Walter (1782-1849)³⁵⁴ beschrieb Döllinger als einen Naturforscher, der „[...] das geistige Bedürfnis der Forschung nach den letzten Gründen der natürlichen Dinge [...]“³⁵⁵ zu befriedigen suchte.³⁵⁶ Dabei betonte Walther, dass „jene philosophische Kraft“³⁵⁷ Döllinger ermöglichte, seine wissenschaftlichen Forschungen zu betreiben, denn er war ein „philosophischer Naturforscher“³⁵⁸, welchem eine „[...] gedankenlose Empirie und die müßige Zusammenschleppung von halbzuverlässig beobachteten Thatsachen nicht genuegen konnte.“³⁵⁹ Aus den obengenannten Äußerungen über Döllingers Art, seine Forschungen im philosophischen Geist zu begründen, erklärt sich, dass er dies nicht in allen Bereichen seiner Tätigkeit als Wissenschaftler hinter sich lassen konnte. Einerseits zeigt sich in seiner späteren Werken, mit welcher Genauigkeit Döllinger bereits fähig war, rational zu forschen. Dies spiegelt sich im Erfolg seiner Schüler³⁶⁰ und im genauen, wissenschaftlichen Aufbau seines Werks zur Hirnentwicklung³⁶¹ wider. Die Diskrepanz zwischen seiner rationalen, deskriptiven Methodik und seinen stark naturphilosophisch beeinflussten Überlegungen zu Entstehungsgeschichte fällt in der Gesamtschau seines Werks auf. Wie ist dies miteinander zu vereinbaren? Die Ursache hiervon liegt in Döllingers grundlegendem Bestreben, jede zunächst hypothetische Annahme objektiv zu begründen: „Solche Ansichten [über die Entstehung des Lebens] beruhen zwar

³⁵² Ebd.

³⁵³ Vgl. Gerabek 1995, 332.

³⁵⁴ Ebd., 256: von Walther war Augenarzt und Chirurg. Zusammen mit Ignaz Döllinger gehörte er dem Würzburger Kreis um Schelling an.

³⁵⁵ Walter 1841, 51.

³⁵⁶ Ebd.

³⁵⁷ Ebd., 51.

³⁵⁸ Ebd.

³⁵⁹ Ebd., 16.

³⁶⁰ Schmuck 2010, 61–62: Auf dem Gebiet der Embryologie sieht Schmuck völlig zu Recht Treder, Pander und Baer als erfolgreichste Schüler des Würzburger Professors an, welche sicher von seiner Methodik in der Präparation und Mikroskopie embryologischer Gewebe profitierten.

³⁶¹ Gerabek 1995, 331–334: Vgl. hierzu Gerabeks Schilderung von Döllingers genauem, anatomischen, deskriptiven Beitrag zur Entwicklung des menschlichen Gehirns aus dem Jahr 1814 unter anderem als Beleg Döllingers exakter Forschungsmethodik

*ursprünglich auf etwas Wahren [...], jedoch kann es leicht geschehen, daß in ihrer Durchführung [...] sich ein Irrthum einschleiche, da die anfängliche Verwendung einer Idee auf das Concrete ein Versuch, also hypothetisch ist; [...]. Die Lehre von dem Baue thierischer Körper beruht lediglich auf der Anschauung, und da es also nichts zu erklären giebt, so ist ihr das Hypothesenwesen ganz fremd; die thierische Bildung soll uns das Räthsel des Lebens lösen; [...].*³⁶² Folglich fand sich die rationale Forschungsgrundlage in den mikroskopischen Studien der Embryonalentwicklung des Individuums. So forschte Oken beispielsweise an der Entstehung des Darmkanals im Huhn und Döllinger an der Entstehung des menschlichen Gehirns. Ausgehend von dieser objektiven Grundlage konnte der Naturforscher dann auf die „*Idee des Lebens*“³⁶³ schließen, was der philosophischen Interpretation des Experiments entsprach. Besonders ausgeprägt zeigte sich Döllingers naturphilosophischer Denkansatz, entwicklungsgeschichtliche Fragestellungen zu erklären in seinem Werk zur menschlichen Zeugung von 1816.³⁶⁴

Eine weitere, interessante Quelle zu Döllingers embryologischen Forschungen findet sich in Karl Ernst von Baers Autobiographie,³⁶⁵ da er im Jahr 1815 bei Döllinger ankam und bis zum Beginn des Sommers 1816 bei diesem blieb.³⁶⁶ Döllinger hatte sich, neben den obengenannten, entwicklungsgeschichtlichen Fragestellungen, auch der Hühnerembryologie gewidmet. Der Professor selbst hatte „[...] *diese Untersuchung früher begonnen, aber theils wegen der Kosten, theils wegen der anhaltenden Aufsicht, welche die Brutmaschine forderte, wieder unterbrochen.*“³⁶⁷ Daraus zeigte sich, wie umfassend der Naturforscher embryologische Studien in den Jahren 1805 bis 1815 betrieben hatte. So unterrichtete er Baer von dem Wunsch, dass sich einer seiner jungen, motivierten

³⁶² Döllinger 1814b, 18–21.

³⁶³ Ebd., 17.

³⁶⁴ Schmuck 2010, 63–68.

³⁶⁵ Baer 1866.

³⁶⁶ Ebd., 165.

³⁶⁷ Ebd., 195.

Schüler dem Studium der Entwicklung des Hühnerembryos widmen sollte.³⁶⁸ Das empirische Studium der anatomischen Struktur des einzelnen Organismus gewann eindeutig die Überhand,³⁶⁹ wie sich im bahnbrechenden, wissenschaftlichen Erfolg von Döllingers späterem Schüler Christian Heinrich Pander zeigen sollte, der Döllingers Wunsch von eben diesem jungen, motivierten Schüler erfüllte.

Worin lag die Bedeutung der Naturphilosophie in Döllingers embryologischen Forschungen? Die philosophischen Überlegungen des Anatomen, Embryologen und Physiologen berührten hauptsächlich den Entstehungsgedanken an sich, den Ursprung allen Lebens. Das Bedürfnis, die Entstehung des Lebens in ihrer Vielfalt, die Entstehung der Arten inbegriffen, umfassend zu erklären, wurde besonders in Döllingers Werk über die Vergleichende Anatomie 1814 deutlich.³⁷⁰ Gleichzeitig betonte er aber auch, dass sich im bloßen Studieren der Struktur des Organismus die objektive Natur wiederfand, sodass man, hiervon ausgehend, auf den Grundtypus der Arten und auf die Ganzheitsstruktur der belebten Natur schließen konnte.³⁷¹ Nun war der Begriff des Grundtypus sicher Goethes Lehre der Metamorphose, welche auch Schelling maßgeblich beeinflusste, entlehnt.³⁷² Auch die Annahme, die Natur als ganzen Organismus zu sehen, welcher sich nur in vielen, verschiedene Entstehungsschritten als mannigfaltig zeigte,³⁷³ ist als naturphilosophisch zu werten.

³⁶⁸ Ebd.

³⁶⁹ Schmuck 2010, 246.: Schmuck sprach hier von einem allmählichen „*Paradigmenwechsel*“ zwischen der Generation der Lehrer und jener der Schüler. Dabei wandte sich die Grundlage des wissenschaftlichen Arbeitens von der Naturphilosophie ab und bewegte sich hin zur rationalen Wissenschaft.

³⁷⁰ Döllinger 1814b.

³⁷¹ Döllinger 1814b, 18: „*Damit wird das Vergleichen des Zootomen Geschäft; er soll Thatsachen zusammenstellen und untersuchen, worin sie sich ähnlich und worin sie sich unähnlich sind, er soll sie mit der Idee des Lebens zusammenhalten, und erforschen, wie sich das eine und selbe durch eine Reihe von Metamorphosen durchbilde, er soll den Grundtypus des Thierkörpers und eines jeden Organs durch Abstraction festsetzen und die Gesetze der vielseitigen Abweichungen vom Grundtypus aufsuchen. Durch dieses Bemühen wird die Zootomie zur vergleichenden Anatomie.*“

³⁷² Richards 2017, 231–232.

³⁷³ Döllinger 1814b, 15: „*Es ist ein Eigenthum der Organismen ihren Lebensprozeß, ihr Streben, sich als Ganzes darzustellen, [...].*“

Den Weg zu diesen Erkenntnissen sah Döllinger aber in einer möglichst rationalen Forschungsmethodik, sodass man sich auf Tatsachen, und nicht auf Ansichten und Hypothesen, berief. Entwicklungsforschung bestand für den Würzburger Professor folglich aus zwei wesentlichen Bestandteilen. Zum einen führte er die eigentliche, wissenschaftliche, praktische Forschung am Individuum, und den Vergleich dieser Erkenntnisse mit der Struktur anderer Individuen, gründlich durch. Zum anderen sah er in der Einordnung dieser Erkenntnisse in ein philosophisches System einen unverzichtbaren Schritt, um der Antwort nach der Frage, wie das Leben an sich entstand, näher zu kommen. Rationale Forschung und naturphilosophische Interpretation der so erlangten Ergebnisse schlossen sich einander, laut Döllingers wissenschaftlicher Arbeitsweise, folglich nicht aus.

Insgesamt kann man dies so werten, dass Döllinger bei seinen anatomischen Untersuchungen bereits eine genaue, rationale, deskriptive Methodik entwickelt hatte. Im Mittelpunkt dieser Forschungstechnik stand die Mikroskopie.³⁷⁴ Durch sein grundlegendes Bedürfnis, entwicklungsgeschichtliche Fragen tiefgreifend zu verstehen, begann er seine embryologischen Forschungen. Außerdem beschäftigte Döllinger sich praktisch und rational mit der Entstehungsgeschichte der verschiedenen Tierarten. Phylogenetische und ontogenetische Fragestellungen waren Mittelpunkt seiner Forschungen. Die Naturphilosophie mit ihrer Entwicklungslehre begründete Döllingers Interesse für die Erforschung der Embryonalentwicklung des Individuums und die Entstehung der Arten, um hierdurch eine objektive Grundlage zu haben, auf welcher sein philosophisches Verständnis vom Ursprung der belebten Natur aufbauen konnte.

Was die Frage nach der Erklärung des Ursprungs des Lebens anbelangt, so ist dies auch heute noch eine derart grundlegende Fragestellung, dass man es als menschliches Bedürfnis ansehen könnte, über dies im philosophischen Sinn zu spekulieren.³⁷⁵

³⁷⁴ Elze 1990, 75.

³⁷⁵ Rotschuh 1953, 101.

Besonders im ausgehenden 18. Jahrhundert und beginnenden 19. Jahrhundert gab es noch viele offene Fragen zur embryologischen Entwicklung. Zum einen war der Streit zwischen den Vertretern der Epigenese und der Präformation noch nicht endgültig beigelegt worden, zum anderen hatte man bislang das Ei des Menschen noch nicht entdeckt.³⁷⁶ Aufgrund des mangelnden Wissens auf dem Fachgebiet Embryologie von 1805 bis 1818, kann man rückblickend sagen, dass große Wissenslücken, die so grundlegende Themen wie den Ursprung des Lebens berühren, durch philosophische Diskussionen gefüllt wurden.³⁷⁷ Ignaz Döllinger hatte bereits begonnen, sich der rationalen Naturforschung mit dem Mikroskop intensiv zu widmen, während das naturphilosophische Konstrukt in den Hintergrund trat. Er selbst konnte die Einflüsse der Naturphilosophie auf sein Streben, die Entstehung des Lebens zu verstehen, nicht hinter sich lassen. Doch dafür ist in der Art und Weise, wie sein Schüler Christian Heinrich Pander seine Dissertation vorlegte,³⁷⁸ eine eindeutige Hinwendung zur Empirie zu verzeichnen.³⁷⁹ Letztendlich gelang es Pander, die Entwicklung des Hühnchens von Beginn an in ihren Grundzügen nachzuvollziehen.³⁸⁰ Grundlage für diesen Erfolg stellten Döllingers beharrliche, entwicklungsgeschichtliche Forschungen mit dem Mikroskop am Embryo über einen Zeitraum von elf Jahren dar.

6. Öffentliche Lehre an der Universität Würzburg

Betrachten wir, wie Döllinger an der Universität Würzburg lehrte. Der bedeutende Physiologe und Anatom Albert Koelliker (1817-1905)³⁸¹ stellte in seiner

³⁷⁶ Bäumer-Schleinkofer 1993, 211–213.

³⁷⁷ Rotschuh 1953, 101.

³⁷⁸ Pander 1817a.

³⁷⁹ Vgl. hierzu Schmuck 2010, 101–102: Diese deskriptive Art und Weise Panders, seine Ergebnisse zu präsentieren, heißt nicht, dass er in seiner Motivation, die Entstehungsgeschichte des Huhns zu untersuchen, frei von naturphilosophischen Motiven war. Allerdings soll dies erst unter Panders eigener vertretener Hypothese und der Rolle Döllingers bei Panders Dissertation diskutiert werden.

³⁸⁰ Ebd., 105.

³⁸¹ Kahle 1979: Nachdem Kölliker bereits in Zürich Anatomie gelehrt hatte, folgte er einem Ruf nach Würzburg, wo er fortan die Lehre der Vergleichenden Anatomie und Physiologie betreute. Der Lehrstuhl der Anatomie wurde ihm später ebenso übertragen

Geschichte der medizinischen Fakultät die Bedeutung Döllingers für den Erfolg der Fakultät heraus: „*In Dieser Anstalt nun entfaltete Döllinger während 20 Jahren [...] seine ruhmvolle Thätigkeit, die nächst derjenigen der Siebolde wohl am meisten zum ersten Aufschwunge der Würzburger medicinische Facultät beigetragen hat.*“³⁸² Viele Fächer hatte Döllinger laut den Vorlesungsankündigungen für das Wintersemester von 1803 bis 1804 in Würzburg zu betreuen. Unter der ‚*Vierten Section*‘ der Heilkunde fand sich Döllingers Name unter „*Encyclopädie [...] nach Schelling, über die Methode des akademischen Studiums wöchentlich zweymal von 10-11Uhr.*“³⁸³, sowie unter Physiologie „*[...] nach Schelver’s Zeitschrift für organische Physik [...]*“³⁸⁴ und zuletzt las er Pathologie „*[...] nach Conradi’s Handbuch der pathologischen Anatomie*“³⁸⁵. Wie genau sich seine Lehrtätigkeit in Würzburg gestaltete, wird anschließend dargestellt.

a. Makroskopische Anatomie

Was das Anatomische Institut und die Lehre der makroskopischen Anatomie betraf, so gab es hier in den Jahren 1804 bis 1823 einige Veränderungen.³⁸⁶ Gerade Ignaz Döllingers Lehrtätigkeit im Bereich der Anatomie war von unstemmtem Charakter und einigen Problemen gekennzeichnet.³⁸⁷ Zunächst war Döllinger auf die Lehrstühle der Physiologie und Pathologie im Jahr 1803 berufen worden.³⁸⁸ Im Vorlesungsverzeichnis des Sommersemesters von 1804 war Döllinger bereits unter der Rubrik der Vergleichenden Anatomie aufgeführt, wobei Pathologische Anatomie und die Anatomie für sich von Johann Barthel von Siebold (1774-1814)³⁸⁹ gelesen wurden und Prosektor Franz Kaspar

³⁸² Kölliker 1871, 32.

³⁸³ Virtuelle Bibliothek Würzburg 1803, 10.

³⁸⁴ Ebd.

³⁸⁵ Ebd.

³⁸⁶ Elze 1990, 71–102.

³⁸⁷ Mettenleiter 2001, 416–421. zu Döllingers Tätigkeit am anatomischen Institut.

³⁸⁸ Gerabek 1995, 249.

³⁸⁹ Elze 1990, 54. S. hier zu Johann Barthel von Siebolds Lehrtätigkeit als Professor der Anatomie.

Hesselbach³⁹⁰ den praktischen Unterricht im Präpariersaal übernahm, sowie er nachmittags Osteologie und Syndesmologie las.³⁹¹ Bereits im September 1805 legte die medizinische Sektion schriftlich fest, dass Döllinger fortan „[...] *das Lehrfach der Anatomie in Verbindung mit dem der Physiologie und comparativen Anatomie* [...]“³⁹² übernehmen sollte. Hesselbach³⁹³ sollte weiterhin den praktischen Unterricht im Sezieren und Präparieren übernehmen.³⁹⁴ Der Lehrstuhl für Anatomie blieb ihm erst nach dem Weggang von Professor Fuchs (1774-1828)³⁹⁵ nach Jena überlassen, sodass Döllinger ab dem Jahr 1806 als ordentlicher Professor für Anatomie tätig war.³⁹⁶

So hatte der junge Professor ab 1805 vier Fächer zu betreuen, nämlich Pathologie, Physiologie, Vergleichende Anatomie ordentlich und die eigentliche, makroskopische Anatomie provisorisch. Bald schon zeichneten sich, das letztere Fach betreffend, die ersten Konflikte ab. Gerade in Franz Kaspar Hesselbach fand sich einer der Gründe für Döllingers unstetes Lehren in der Anatomie. War der Professor doch sonst für seine ausgezeichnete Lehre und seine stets vollen Hörsäle bekannt,³⁹⁷ so mied er den praktischen Unterricht in der Anatomie aufgrund seines schlechten Verhältnisses zum Prosektor.³⁹⁸ Dazu kam noch die „[...] *der Gesundheit so schädlichen Verfassung des*

³⁹⁰ ebd., 66–69: S. hier zu Franz Caspar Hesselbachs Tätigkeit am Anatomischen Institut. Er leitete die praktischen Übungen und Sektionen, sowie er Vorlesungen über Anatomie hielt, obwohl er nie zum Professor der Anatomie in Würzburg berufen worden war.

³⁹¹ Virtuelle Bibliothek Würzburg 1804.

³⁹² ARS 418 (11) und vgl. Elze 1990, 74.

³⁹³ Holzmann 1929, 543–544: Da die pathologische Anatomie und die Chirurgie nach C.C. Siebods Wünschen in Würzburg miteinander verbunden waren, führte dies zu einem immensen Zeitaufwand für die Lehrenden. Dies löste man, indem man 1789 Fr. K. Hesselbach die praktischen, anatomischen Übungen in der Stelle des Prosektors überließ.

³⁹⁴ Elze 1990, 74.

³⁹⁵ Ebd., 55: Fuchs lehrte Anatomie ab dem Sommersemester 1804 bis zum Herbst 1805, wonach er nach Jena ging.

³⁹⁶ Gerabek 1995, 249.

³⁹⁷ Mettenleiter 2001, 416: Hier bringt Mettenleiter ein Zitat des Oberarztes des Juliusspitals Friedrich Wilhelm von Hoven, der Döllinger für seine sehr gute Lehre lobte, wonach seine Vorlesungen immer zahlreiche Zuhörer fanden.

³⁹⁸ Holzmann 1929, 542–543.

*anatomischen Gebäudes [...]*³⁹⁹, sodass Döllinger letztendlich 1807 um den Rückzug vom anatomischen Lehrstuhl bat, da seine Gesundheitszustand sich andauernd verschlechterte. Gleichzeitig bat er aber, die anatomische Sammlung nutzen zu dürfen, falls er sie brauche. Die ihm gewährte Pause dauerte allerdings nicht lange. Bereits im November 1807 wurde er wieder als provisorischer Professor für Anatomie eingesetzt.⁴⁰⁰ ⁴⁰¹ Was den desolaten Zustand des Anatomischen Theaters betraf, so wurde dem Professor für Anatomie hierbei vom Senat im Jahr 1808 zugestimmt.⁴⁰² Erst am 14.11.1811 wurde Döllinger die offizielle Professur für Anatomie überlassen.⁴⁰³ Nach dieser endgültigen Ernennung setzte sich Döllinger 1814 für den Umbau des Anatomischen Theaters ein, was schließlich von 1816 bis 1817 zu seiner Zufriedenheit umgesetzt wurde.⁴⁰⁴ Zumindest die räumlichen Lehrbedingungen verbesserten sich im Vergleich zum Jahr 1807. Allerdings blieb Hesselbach bis zu seinem Tod 1817.⁴⁰⁵ Nach dessen Tod wurde sein Sohn Adam Caspar zum Prosektor ernannt, mit dem Döllinger ebenso einen schwierigen Umgang hatte.⁴⁰⁶ Die personelle Situation und Zusammenarbeit gestaltete sich folglich weiterhin schwierig.

Diese Probleme am Anatomischen Institut führten dazu, dass Döllinger privat in seiner Wohnung am Rückermain begann, zu sezieren und zu forschen. Es dauerte nicht lange, bis dies die Aufmerksamkeit der Würzburger Bevölkerung auf sich zog, sodass eine polizeiliche Beschwerde am 5. April 1808 gegen Döllinger einging. Die Folge war, dass Döllinger dazu aufgefordert wurde, das Sezieren toter Lebewesen und Leichenteile in seiner Wohnung zu unterlassen.⁴⁰⁷ Dass er sich langfristig nicht an das bereits

³⁹⁹ ARS: Archiv des Rektorats und Senats der Universität Würzburg 418 1804;

⁴⁰⁰ Ebd.

⁴⁰¹ Vgl. den Verweis von Elze 1990, 74 auf die archivalischen Quellen des ARS 418 1804.

⁴⁰² Ebd., 129.

⁴⁰³ Ebd., 75.

⁴⁰⁴ Mettenleiter 2001, 421.

⁴⁰⁵ Elze 1990, 101.

⁴⁰⁶ Ebd., 101–102.

⁴⁰⁷ Mettenleiter 2001, 418.

polizeilich ausgesprochene Verbot von 1808 hielt, tote Lebewesen im eigenen Haus zu zergliedern, bewiesen die zoologischen Studien Karl Ernst von Baers vom Winter des Jahres 1815 an, bis in den frühen Sommer des Jahres 1816, die ebenso in Döllingers Privatwohnung erfolgten.⁴⁰⁸

b. Streitigkeiten um Ignaz Döllingers Lehrbefugnis in der Pathologie

Doch mit dem schlechten Verhältnis zu Franz Kaspar Hesselbach hörten die Anfeindungen gegen den Professor nicht auf. Im Würzburger Staatsarchiv findet sich eine Akte, die einen langwierigen Streit zwischen Döllinger und seinem Kollegen, Professor Johann Spindler (1777-1824)⁴⁰⁹, bezüglich der Lehrbefugnis des Faches Pathologie, bezeugt.⁴¹⁰ Auch im Fach der Pathologie wurde der Würzburger Gelehrte 1809 in seiner Kompetenz angegriffen, weil er die Fächer Allgemeine und Spezielle Therapie angeblich unangekündigt und somit „*gesetzeswidrig*“⁴¹¹ las. Im Vorlesungsverzeichnis vom Sommersemester 1804 waren die Disziplinen der ‚*Generellen Therapie*‘ und ‚*Allgemeinen Therapie*‘ zum ersten Mal gesondert aufgeführt worden, womit Döllinger, der diese Lehrstühle zu keiner Zeit innehatte, tatsächlich unberechtigt gehandelt hätte.⁴¹² Professor Spindler initiierte 1809 die Beschwerde gegen seinen Kollegen.⁴¹³ Was Professor Spindlers eigene Lehre betraf, so wurde er im Sommersemester 1805 zum ersten Mal unter ‚*Doctor Spindler, die specielle Therapie, in noch zu bestimmenden Stunden*‘⁴¹⁴ im Vorlesungsverzeichnis erwähnt, was sich in den folgenden Semestern bis zum Sommer 1807 fortsetzte. Im Sommer 1807 hatte er sich bereits habilitiert, sodass Professor

⁴⁰⁸ Baer 1866, 168.

⁴⁰⁹ Sticker 1932, 598: Spindler lehrte an der Universität Würzburg zunächst als Privatdozent, später wurde er im Jahr 1813 zum Ordinarius der dritten Klasse berufen, bevor er im Jahr 1815 Würzburg nach Bad Bocklet verließ, um hier fortan als Kurarzt tätig zu sein.

⁴¹⁰ Staatsarchiv Würzburg, Großherzogtum Würzburg, Universitätskuratel Nr. 9 1809-1810.

⁴¹¹ Ebd.

⁴¹² Virtuelle Bibliothek Würzburg 1804, 12-14.

⁴¹³ Staatsarchiv Würzburg, Großherzogtum Würzburg, Universitätskuratel Nr. 9 1809-1810.

⁴¹⁴ Virtuelle Bibliothek Würzburg 1805, 17.

Spindler nun regelmäßig ‚*Generelle und specielle Therapie*‘ lehrte.⁴¹⁵ Im Sommersemester 1809 teilte er sich ein einziges Mal die Lehre der Pathologie mit Ignaz Döllinger.⁴¹⁶

Die Denunziation gegen Döllinger, rund vier Monate nach Ende des Sommersemesters im November 1809, nicht laut seiner Berechtigung vorzutragen und sich herauszunehmen, ebenso fremde Fächer unangekündigt zu lesen, war umso gravierender, da es in der Organisationsakte des gleichen Jahres eben festgelegt worden war, dass Vorlesungen nur nach gedruckten Büchern gehalten werden durften, sowie keine privaten Vorlesungen erlaubt waren.⁴¹⁷ Döllinger schien sich seiner prekären Situation völlig bewusst. Er stritt diese Aussagen Spindlers als Lügen ab und rechtfertigte sich ausführlich mit einer schriftlichen Antwort vom 24.11.1809 an die Universität: ‚*Die Denunziation, auf welche sich das gnädige Reskript bezieht, enthält 3 Punkte, auf welche ich einzeln unterthänigst antworten werde.*‘⁴¹⁸ Dabei war er darauf bedacht, Gehorsam und Untergebenheit zu beteuern. So bezeugte er, dass er immer nur Allgemeine Pathologie gelesen hatte und diese auch sachgerecht angekündigt hatte.⁴¹⁹ Der Streit dauerte bis Januar 1810 an und blieb letztendlich ungeklärt, da Döllinger die Anschuldigungen vehement abstritt.⁴²⁰ Im Januar 1810 schließlich bat Professor Spindler darum, fortan Enzyklopädie, in welcher auch die Fächer Pathologie und Therapie enthalten waren, zu lehren,⁴²¹ welche er bereits im Wintersemester 1809 bis 1810 gelesen hatte.⁴²² Dieser Wunsch wurde ihm gewährt. Auch die Pathologie wurde endgültig an Professor Spindler im Sommer des Jahres 1812 übertragen.⁴²³

⁴¹⁵ Virtuelle Bibliothek Würzburg 1807.

⁴¹⁶ Virtuelle Bibliothek Würzburg 1809a, 12.

⁴¹⁷ Elze 1990, 71.

⁴¹⁸ Staatsarchiv Würzburg, Großherzogtum Würzburg, Universitätskuratel Nr. 9 1809-1810.

⁴¹⁹ Ebd.

⁴²⁰ Ebd.

⁴²¹ Ebd.

⁴²² Virtuelle Bibliothek Würzburg 1809b.

⁴²³ Elze 1990, 89.

c. Vergleichende Anatomie

Das Fach der Vergleichenden Anatomie fand in Ignaz Döllingers Lehrtätigkeit in Würzburg seinen Anfang. Sicher trug auch Schellings Naturphilosophie zu Döllingers Begeisterung für dieses Fach bei. Bereits in seinem Werk von 1805, Döllingers Lehrbuch zu seinen Vorlesungen,⁴²⁴ hob er die Bedeutung der Vergleichenden Anatomie ganz im Sinne der Naturphilosophie hervor. Wenngleich ihm der Bau eines Zootomischen Instituts während seiner Würzburger Zeit verwehrt blieb,⁴²⁵ so gründete er zumindest eine „*physiologische-zoologische Gesellschaft*“⁴²⁶. Ihm lag die Vergleichende Anatomie sogar so am Herzen, dass er jenem Fach 1814 ein ganzes Werk widmete,⁴²⁷ in welchem er sein Verständnis der Begriffe der Zootomie und der Vergleichenden Anatomie erläuterte. Da es während seiner Würzburger Lehrjahre kein Zootomisches Institut gab, bildete der vielseitig interessierte Wissenschaftler sich selbst und seine Schüler fort. So erlernte der junge Karl Ernst von Baer bei Döllinger das systematische Sezieren eines Tieres anhand eines Blutegels, um seine Studien „[...] *bald an Wirbellosen, bald an Wirbelthieren* [...]“⁴²⁸ fortzusetzen. Zusätzlich zum praktischen Unterricht hatte der Professor die passende Monografie zur jeweiligen Tierart parat.⁴²⁹ Nicht nur den privaten Unterricht bei Döllinger genoss Karl Ernst von Baer, sondern er besuchte auch im Sommersemester 1816 die Vorlesung der Vergleichenden Anatomie. Der Student beschrieb die Vorlesung so, dass Döllinger auch hier „[...] *nur das Wesentliche ins Auge fasste* [...]“⁴³⁰, was zu einer lückenhaften Darstellung des damaligen Wissenschaftsstand führte. Was seinen Vortrag betraf, so berief sich Döllinger auf Tatsachen und ließ „[...] *alle Gelehrsamkeit und allen Schein* [...]“⁴³¹ außen vor. Nachdem Döllinger

⁴²⁴ Döllinger 1805.

⁴²⁵ Elze 1990, 113.

⁴²⁶ Ebd., 75.

⁴²⁷ Döllinger 1814b.

⁴²⁸ Baer 1866, 168.

⁴²⁹ Ebd.

⁴³⁰ Baer 1866, 168.

⁴³¹ Ebd.

einem Ruf nach München gefolgt war, nämlich im Jahr 1824, wurde schließlich unter Professor Heusinger ein eigenständiges Gebäude für die Zoologie gefunden, welches 1825 in Betrieb genommen werden konnte.⁴³² Döllingers Engagement auf dem Gebiet der Vergleichenden Anatomie war sicher wegbereitend für Professor Heusinger, sodass dieser sein Vorhaben so schnell in die Tat umsetzen konnte.

Döllingers Erfolg als Wissenschaftler begründete sich weniger auf seiner eigenen Forschungstätigkeit, sondern viel mehr durch seine Lehre.⁴³³ Embryologie, Physiologie und Vergleichende Anatomie waren hierbei die hauptsächlichen Fächer, mit denen er sich in Würzburg beschäftigte. Neben seinen öffentlichen Vorlesungen war der Professor zum wesentlicheren Anteil als Privatdozent tätig. Im Vergleich zu seiner öffentlichen Rolle war dies für den wissenschaftlichen Erfolg seiner anvertrauten Studenten sehr viel mehr ausschlaggebend. Karl Ernst von Baer, welcher 1815 bis 1816 rund ein halbes Jahr bei Döllinger praktisch die Vergleichende Anatomie übte, gedachte seinem persönlichen Lehrer wie folgt: „[...] allein ein Wort des Dankes für die Liebe und Aufopferung, welche Döllinger seinen Schülern widmete, und der Aufmerksamkeit für seine Methode, soll mir nicht versagt seyn, und wenn auch nur einer oder der andere unter den akademischen Lehrern sich zu ähnlichen Opfern, auch in geringerem Maasse veranlasst fühlen sollte, so würde Döllinger's Wirksamkeit noch mehr ausgedehnt in fernere Zukunft und könnte der Wissenschaft reiche Früchte tragen.“⁴³⁴ Dass Döllinger so viel Zeit als privat Lehrender verbrachte, lag sicherlich auch daran, dass er die Lehrsituation in der Anatomie als sehr mangelhaft empfand. Neben schlecht ausgestatteten Räumlichkeiten und personellen Konflikten fehlte es an einem Mikroskop, das Instrument, welches Döllinger hauptsächlich bei seinen Forschungen verwandte.⁴³⁵ Dies alles trug dazu bei, dass der Würzburger Professor sein eigenes Laboratorium bevorzugte, wo

⁴³² Elze 1990, 113–114.

⁴³³ Schmuck 2010, 61.

⁴³⁴ Baer 1866, 182.

⁴³⁵ Elze 1990, 75: Erst im Jahr 1818, nachdem Pander Würzburg verlassen hatte, schaffte die Universität auf Döllingers Wunsch hin, ein Mikroskop an.

er mit seinen ausgewählten Studenten mikroskopieren, forschen und diskutieren konnte. Dies war sicher ein großer Vorteil für seine Studenten, wie der Erfolg seiner Lehre in den embryologischen Forschungen seiner Schützlinge zeigt.⁴³⁶ Karl Ernst von Baer schrieb über diesen Vorzug der Studenten, Döllinger als persönlichen Betreuer in ihren Forschungen zu haben, wie folgt: „*Pander hatte also allerdings den Vortheil, Döllinger's frühere Erfahrungen und seine zweckmässigen Methoden [in der Präparation und Mikroskopie des Hühnerembryos] zu benutzen.*“⁴³⁷ Mit seiner besonderen Art, privat Studenten umfassend praktisch auszubilden, trug er maßgeblich zu den Fortschritten der Embryologie als Wissenschaft bei. Schmuck spricht hier sogar von einer „*Döllinger Schule*“⁴³⁸. Ein Grund für Döllingers fruchtbare Lehre war sicher, dass er selbst auf einen jahrelangen, systematischen Gebrauch des Mikroskops zurückblicken konnte, wodurch er seine Erfahrung in der wissenschaftlichen Methodik an seine Studenten weitergeben konnte.

d. Mikroskopie

Döllinger setzte begeistert das Mikroskop bei seinen umfassenden, naturwissenschaftlichen Forschungen ein.⁴³⁹ Beispielsweise studierte er, neben entwicklungsgeschichtlichen Themen, unter dem Mikroskop Laubmoose und sammelte diese systematisch.⁴⁴⁰ Aus Karl Ernst von Baers Beschreibung seiner Studienzeit bei Döllinger vom Jahr 1815 bis 1816 wissen wir auch, dass Döllinger bei sich daheim ein eigenes Mikroskop führte, mit welchem er unter anderem gerne Moose untersuchte.⁴⁴¹ Auch Christian Heinrich Pander verwandte bei seinen Forschungen von 1816 bis 1817 Döllingers Mikroskop.⁴⁴² Nach den bahnbrechenden Erkenntnissen, die Pander in der Embryologie mit

⁴³⁶ Schmuck 2010, 61–62.

⁴³⁷ Baer 1866, 200.

⁴³⁸ Schmuck 2010, 61.

⁴³⁹ Gerabek 1995, 248.

⁴⁴⁰ Ebd.

⁴⁴¹ Baer 1866, 168.

⁴⁴² Pander 1817b, 3. Die Nutzung des Mikroskops soll bei der Analyse von Christian Heinrich Panders Forschungsarbeit zum Hühnerembryo von 1817 noch genauer dargestellt werden.

Hilfe des Mikroskops gewinnen konnten, bat der Professor Döllinger im Februar 1818 darum, ein zusammengesetztes Mikroskop zu kaufen, denn dies war „[...] zu den *genauen Studien der Anatomie und zur Untersuchung des feineren Baues der Theile* [...] ein unumgängliches Erforderniss[...].“^{443, 444}

Seine Begeisterung für die Mikroskopie ging sogar soweit, dass er, nach seinem Fortgang nach München, zusammen mit Frauenhofer ein aplanisches Mikroskop entwickelte,⁴⁴⁵ welches bereits kombinierte Linsen mit einer Vergrößerungsfähigkeit von 3 bis 400facher Norm besaß.⁴⁴⁶ Auch die heutigen Lichtmikroskope bestehen aus einer zusammengesetzten Optik, aus dem Objektiv und dem Okular. Dabei werden heute allerdings Vergrößerungen von 50 bis 1500facher Norm erreicht.⁴⁴⁷ Dieses Werk aus dem Jahr 1829 zeigt,⁴⁴⁸ wie umfassend der Anatom, Embryologe und Physiologe den Aufbau und die Anwendung des Lichtmikroskops verstanden hatte. Denn um Verbesserungen an einem wissenschaftlichen Instrument vorzunehmen, muss man dies natürlich erst in seinem Aufbau und seiner Funktion verstanden haben, um etwaige Fehlerquellen zu entdecken. Dies bestätigt, dass Döllinger tatsächlich als ein herausragender Wissenschaftler, im Hinblick auf seinen systematischen Einsatz des Mikroskops, bewertet werden kann.

**e. Vergleich der allgemeinen naturwissenschaftlichen
Lehrsituation der Medizinischen Fakultät mit Schwerpunkt
auf das anatomische Institut in Würzburg 1804
versus 1817**

⁴⁴³ Archiv des Juliusspitals Nr. 4459 1818; Vgl. dazu auch den Verweis auf die archivalische Quelle bei Elze 1990, 75.

⁴⁴⁴ Ebd.: Vgl. hierzu auch den Verweis auf die archivalische Quelle bei Elze 1990, 75.

⁴⁴⁵ Döllinger 1829.

⁴⁴⁶ Elze 1990, 75.

⁴⁴⁷ Borlinghaus 2016, 3.

⁴⁴⁸ Döllinger 1829.

Wie veränderten sich die Lehrmöglichkeiten in der Anatomie zwischen den Jahren der Neuordnung der Universität 1803 und im Jahr 1816, als Christian Heinrich Pander und Karl Ernst von Baer bei Döllinger Unterricht nahmen? Die politischen Geschehnisse dieser Jahre beeinflussten dabei maßgeblich die Ausgestaltung des Lehrangebots der Universität. Nachdem Franken, somit die Universitätsstädte Würzburg und Bamberg, infolge des Reichsdeputationshauptschlusses vom 23.02.1803 dem Kurfürsten Bayerns zugerechnet wurde, begann die Neustrukturierung der Universität im Sinne der Säkularisation. So standen 1803 das Lossagen von theologischen Prinzipien und die Stärkung des Staates in der Rolle der Lehre im Vordergrund.⁴⁴⁹ Fortan wurden, wie bereits unter der Berufung Döllingers und Schellings erläutert, die Fakultäten abgeschafft und durch zwei Hauptklassen mit jeweils vier Sektionen ersetzt.⁴⁵⁰ Was die Sektion der Heilkunde betraf, so wurde hier die Anatomie als eigenständiges Fach von dem der Chirurgie gelöst, sowie man Physiologie und einen Teil der Pathologie zu einem Fach vereinigte.⁴⁵¹ Bereits vor dieser formalen Reformation hatte Carl Caspar von Siebold maßgeblich zum Erblühen der medizinischen Fakultät beigetragen, indem er den praktischen, chirurgischen und anatomischen Unterricht förderte.⁴⁵² Außerdem legte er eine Sammlung von Präparaten an, baute das Anatomische Theater aus und rief zusätzlich noch ein Anatomisches Museum ins Leben.⁴⁵³ Ab diesem Zeitpunkt sollte, neben den Professoren, ein Prosektor die praktischen Übungen im Präpariersaal betreuen.⁴⁵⁴ Zusammengenommen mit der Neuorganisation führte dies anfangs zu einem Aufschwung der Universität.⁴⁵⁵

⁴⁴⁹ Gerabek 1995, 112–116.

⁴⁵⁰ Ebd., 119.

⁴⁵¹ Elze 1990, 48.

⁴⁵² Keil 2002, 49.

⁴⁵³ Elze 1990, 50.

⁴⁵⁴ Ebd.

⁴⁵⁵ Gerabek 1995, 126.

Auch in Schelling fand sich eine Persönlichkeit, deren Wirken von 1803 bis 1806 die naturkundliche Forschung und Lehre, wie bereits dargestellt, schwerwiegend in Würzburg beeinflusste.⁴⁵⁶ Dadurch bedingte sich eine Hinwendung der Medizin zum patientennahen Unterricht,⁴⁵⁷ sowie zur naturphilosophisch geprägten Naturforschung.⁴⁵⁸

Döllingers hatte also das Glück, seine Lehrfächer auf einem fruchtbaren Grund aufbauen zu können, wenngleich die politische Stabilität nicht lange hielt. Denn bereits 1806 wurde im Preßburger Frieden die Übergabe Würzburgs an den Kurfürsten Ferdinand von Toskana geregelt. Mit diesem begann die Restauration der Universität, woraufhin eine Rückbesinnung auf eine katholisch geprägte Lehre folgte. Diese Rückbesinnung wurde in der Organisationsakte vom 7.09.1809 umgesetzt, worin auch die Fakultäten, anstelle der Hauptklassen, wieder eingeführt wurden. Weiterhin schränkte dies die bisherige Lehre in ihrer Freiheit stark ein, einige Professoren wurden entlassen, sowie die Vorlesungen der Verbliebenen stark reglementiert wurden. 1814 schließlich erfolgte, von Seiten der Universität selbst getragen, ein erneuter Versuch, die Universität in ihrer Freiheit zu stärken, nachdem Würzburg laut der Regelung des Wiener Kongresses definitiv zu Bayern übergegangen war. Trotzdem bemühten sich die Würzburger Professoren, insbesondere Ignaz Döllinger, eine stetige Forschung und Lehre zu gewährleisten, auch wenn dies nicht von den sinkenden Immatrikulationszahlen in der Medizin ablenken konnte.⁴⁵⁹

Betrachten wir schließlich das Jahr 1816, in dem Baer und Pander in Würzburg gemeinsam verweilten, so war es vor allem Döllingers Vorlesung der Vergleichenden Anatomie, die den Ruhm der medizinischen Fakultät ausmachte.⁴⁶⁰ Was die

⁴⁵⁶ Ebd., 220–375.

⁴⁵⁷ Elze 1990.

⁴⁵⁸ Gerabek 2005, 232-276.

⁴⁵⁹ Elze 1990, 72.

⁴⁶⁰ Keil 2002, 49–50.

Ankündigungen der Vorlesungen für das Sommersemester 1816 im *„Königlich-baierischen Intelligenzblatt“*⁴⁶¹ betraf, so unterrichtete *„Professor Döllinger nach Hempel, täglich von 6-7 Uhr Abend“*⁴⁶² Anatomie, wobei der Prosektor Dr. Hesselbach zweimal täglich *„[...] Unterricht im anatomischen Secieren [...]“*⁴⁶³ hielt, nämlich von 9-12 Uhr vormittags und von 2-4 Uhr nachmittags. Döllinger las nur noch während des Sommersemesters die Vergleichende Anatomie *„[...] Nach Blumenbach täglich von 2-3 Uhr“*⁴⁶⁴. Die Physiologie hielt Döllinger *„[...] nach eigenem Lehrbuche, von 3-4Uhr“*⁴⁶⁵. Pathologie las unverändert Professor Spindler, neben Enzyklopädie und Allgemeiner und Besonderer Semiotik.⁴⁶⁶

Was den praktischen Lehrbetrieb in der Anatomie betraf, so sollen die oben geschilderten Probleme hier kurz zusammengefasst werden. Wenngleich Carl Caspar Siebold zwar den Ausbau des Anatomischen Theaters bewirkt hatte, so war es mittlerweile den Anforderungen an die anatomische Lehre nicht mehr gewachsen.⁴⁶⁷ Auch die Feindschaft zu Franz Caspar Hesselbach hatte Döllinger bereits aus dem Anatomischen Institut vertrieben, sodass beide Studenten bei Döllinger privaten Unterricht in Anspruch nahmen.⁴⁶⁸ Außerdem gab es im Jahr 1816 am anatomischen Institut noch kein Mikroskop, was embryologische Forschungen auf Zellebene ebenso unmöglich machte.

Aufgrund eben dieser problematischen Verhältnisse gilt es, den Erfolg seiner Studenten dem persönlichen Engagement von Döllinger anzurechnen und nicht etwa der Lehre der Medizinischen Fakultät. Wie genau es der Professor beharrlich meisterte,

⁴⁶¹ Königlich-baierisches Intelligenzblatt für das Großherzogtum 1816.

⁴⁶² Ebd.

⁴⁶³ Ebd.

⁴⁶⁴ Ebd.

⁴⁶⁵ Ebd.

⁴⁶⁶ Ebd.

⁴⁶⁷ Mettenleiter 2001, 420–421.

⁴⁶⁸ Ebd., 416–418.

über die Jahre hinweg kontinuierlich zu forschen und dabei angehende, junge Naturwissenschaftler zu inspirieren, soll im folgenden Abschnitt erläutert werden.

7. Private Förderung ausgewählter Studenten

Neben seiner öffentlichen Lehrtätigkeit und seinen eigenen Forschungen betreute Döllinger auch privat ausgewählte Studenten.⁴⁶⁹ Seine privaten Räumlichkeiten umfassten wohl alles, was ein Naturwissenschaftler der damaligen Zeit benötigte. So erlernte der junge Karl Ernst von Baer dort die Vergleichende Anatomie praktisch anhand des Zergliederns verschiedener Tiere. Die passende Literatur zum betreffenden Thema führte Döllinger ebenso im Hause.⁴⁷⁰ Neben Zootomie und Vergleichender Anatomie forschten seine Schüler mit Hilfe des Mikroskops auch an embryologischen Fragestellungen. Die „*Döllinger Schule*“⁴⁷¹ beschäftigte sich umfassend und wissenschaftlich mit entwicklungsgeschichtlichen Problemstellungen im Allgemeinen. Dabei war Döllingers Wohnung der zentrale Anlaufpunkt für seine Studenten, da er hier alle notwendigen Instrumente hatte, um naturwissenschaftlich zu forschen.⁴⁷² Die persönliche Betreuung durch Döllinger bedingte natürlich eine besondere Atmosphäre. Lehrer und Schüler konnten unmittelbar gemeinsam arbeiten. Dennoch beanspruchte der Professor die Ergebnisse der angehenden Naturforscher nicht für sich.⁴⁷³ Folglich ergaben sich unter Döllingers Anleitung einmalige Möglichkeiten für seine Schüler.⁴⁷⁴ Das Ziel, welches Döllinger bei der privaten Förderung seiner Studenten verfolgte, fasste Karl Ernst von Baer sehr gut in Worte: *„Döllinger war ganz Lehrer. Sich eine ehrenvolle Stellung in der Geschichte der Wissenschaft zu erwerben, schien ihm, wenigstens in der Zeit, in welcher ich ihn kennen lernte, gar nicht am Herzen zu liegen. Wohl aber fühlte er das lebendige Bedürfniss, zu bestimmter Einsicht in den Fächern zu gelangen welche er*

⁴⁶⁹ Baer 1866, 185.

⁴⁷⁰ Ebd., 167–169.

⁴⁷¹ Schmuck 2010, 61.

⁴⁷² Baer 1866, 181–186.

⁴⁷³ Ebd., 186.

⁴⁷⁴ Vgl. Gerabek 1995, 331, der ebenso *„Döllingers überragende Bedeutung [...] in der Lehre [...]“* sieht.

betrieb [...]. Es war also die Belehrung, welche er im Auge hatte, nicht die Geltendmachung seiner Persönlichkeit.“⁴⁷⁵ Der Bedeutendste unter Döllingers anvertrauten Studenten war wohl Christian Heinrich Pander, welchem es gelang anhand seiner embryologischen Studien am Huhn die Keimblatttheorie zu begründen.⁴⁷⁶ Welche Schüler sich vor Pander bereits mit embryologischen Fragestellungen beschäftigt hatten, wird im nächsten Punkt erörtert.

a. Embryologische Forschungsarbeiten unter Döllinger

i. Lorenz Oken

Lorenz Oken (1779-1851)⁴⁷⁷ setzte sein Medizinstudium in Würzburg im Wintersemester des Jahres 1804 fort, nachdem er zuvor in Freiburg seine Doktorwürde erlangt hatte. Er zählte zum Würzburger Schelling Kreis, war aber bereits zuvor stark von dessen Naturphilosophie beeinflusst worden.⁴⁷⁸ In Würzburg setzte er sich intensiv mit der Naturphilosophie auseinander. Oken besuchte auch Döllingers Vorlesung in Physiologie. Diese sagte Oken sehr zu und er empfahl einem Freund, sich Döllingers ‚Grundriß‘ der Physiologie zu kaufen, der erst 1805 noch erscheinen sollte.⁴⁷⁹ Doch nicht nur theoretischen Unterricht sollte Lorenz Oken in Würzburg erhalten, sondern er erhielt auch die Möglichkeit, unter Döllingers Anleitung am Hühnerembryo zu forschen. Hierbei erforschte er vor allem die Embryonalentwicklung der Gedärme im Huhn.⁴⁸⁰

Im Jahr 1805 verließ er Würzburg wieder, allerdings beschäftigte er sich weiterhin mit entwicklungsgeschichtlichen Fragestellungen, sodass er sich noch im gleichen

⁴⁷⁵ Baer 1866, 182.

⁴⁷⁶ Bäumer-Schleinkofer 1993, 218–219. S. hier zu Panders embryologischer Arbeit.

⁴⁷⁷ Breidbach 2001: S. hier zu Lorenz Okens Biographie, seinen naturwissenschaftlichen Forschungen und politischen Wirken.

⁴⁷⁸ Gerabek 2001, 56–57: Bereits 1802 hatte Oken seine ‚Uebersicht des Grundrisses des Systems der Naturphilosophie‘ veröffentlicht, die ganz im Sinne Schellings geschrieben war.

⁴⁷⁹ Ebd., 57.

⁴⁸⁰ Ebd., 58.

Jahr mit seiner Schrift ‚*Die Zeugung*‘ in Göttingen habilitierte.⁴⁸¹ Was diese Schrift betraf, so verfasste er sie bereits in Würzburg und beschrieb darin die Entwicklung des Organismus als ein „[...] *Auseinandergehe der vorher in eine Masse verwachsenen Infusorien* [...]“⁴⁸², was aus heutiger Sicht als die Beschreibung von Zellen zu werten ist.⁴⁸³ Das Interesse Okens für embryologische Forschungen hielt nach seinen Studien in Würzburg weiter an, sodass er 1806 ein umfassendes Werk über seine Untersuchungsergebnisse am Schweineembryo veröffentlichte.⁴⁸⁴ Seine Erkenntnisse hierzu waren bahnbrechend, was das Verständnis der Entstehung der Darmanlagen im Säugetier betraf.⁴⁸⁵

Selbst elf Jahre später dauerte die Bedeutung Okens als embryologischer Forscher an. Denn in seiner revolutionären Dissertation⁴⁸⁶ von 1817 bezog sich Christian Heinrich Pander in seinen Anmerkungen immer wieder auf Lorenz Oken.⁴⁸⁷ Leider blieben die Angaben zur betreffenden Quelle ungenau, sodass nicht richtig nachvollzogen werden kann, welche Schrift Okens genau genutzt wurde. Beispielsweise berief sich Pander in seiner ‚*Dissertatio*‘ bei der Beschreibung der Bildung der Gefäße in einem langen Absatz direkt auf Okens Vergleich,⁴⁸⁸ zwischen dem Embryonalkreislauf des Säugetiers und dem des Huhns.⁴⁸⁹ Hierbei handelte es sich um eine genaue, anatomische Beschreibung vom Embryonalkreislauf des Huhns, wengleich Oken einräumte dies weder vollständig untersucht, noch vollständig verstanden zu haben: „*Bey den Vögeln ist also das Gefäßsystem mehr zerfallen. [...] Es ist also die Entwicklungsgeschichte des Pippels im Ey doch noch nicht so fertig, so deutlich und verständlich, wie*

⁴⁸¹ Ebd.

⁴⁸² Oken 1805, 21.

⁴⁸³ Gerabek 1995, 273–274.

⁴⁸⁴ Oken 1806.

⁴⁸⁵ Gerabek 1995, 327.

⁴⁸⁶ Pander 1817b.

⁴⁸⁷ Ebd., 51; 59; 67.

⁴⁸⁸ Ebd., 46–55.

⁴⁸⁹ Ebd., 51–54: Hier findet sich in Panders Fußnote ein kompletter Auszug der Beschreibung von Oken (seine Literaturangabe nannte er leider lediglich mit „*Oken: [...] pag. 363*“, S. 51) des Gefäßsystems beim Vogelembryo, welches er abschließend mit dem des Säugetiers verglich.

*viele sich einbilden [...].*⁴⁹⁰ Mit dieser Wertung schloss Oken seine genaue, anatomische Beschreibung, die Pander zur Ergänzung seiner eigenen Ergebnisse nutzte.

Betrachtet man abschließend die embryologischen Werke von Oken, so waren dessen Untersuchungsergebnisse durchaus von solidem und erkenntnisreichem Charakter. Somit etablierte sich Lorenz Oken als einer der ersten, erfolgreichen Schüler Döllingers im Bereich der embryologischen Naturforschung.⁴⁹¹ Dies ist auch insofern bedeutsam, dass es den Schluss erlaubt, dass Döllinger sich bereits 1804, zwölf Jahre bevor Christian Heinrich Pander in Würzburg ankam, zusammen mit seinem Studenten Lorenz Oken der Erforschung des Hühnerembryos gewidmet hatte. Doch Oken war nicht der Einzige, der hier von Döllingers Lehre profitierte.

ii. Ludwig Sebastian Marie von Tredern de Lezerec

Ludwig Sebastian Marie von Tredern de Lezerec (1790- unbekannt) wird wohl eine undurchsichtige Größe im Bereich der embryologischen Forschungen bleiben. Seine unvollständige Biographie, sowie sein embryologisches Werk, stellte Schmuck in seinem Werk ‚*Baltische Genesis*‘ möglichst umfassend dar.⁴⁹² Interessant ist hierbei, dass Tredern de Lezerec sich bereits während seiner Marinezeit in Reval, von 1799 bis 1801, nebenbei mit der Untersuchung bebrüteter Eier beschäftigte.⁴⁹³ Schließlich begann er sein Medizinstudium in Würzburg im Jahr 1804. Was ihn dazu bewegte, ist allerdings nicht bekannt. Auch dieser Student genoss, wenn auch kurzzeitig, Unterricht

⁴⁹⁰ Ebd., 54. Oken zitiert nach Pander.

⁴⁹¹ Gerabek 2001, 58: Vgl. hier zu Lorenz Okens embryologischen Forschungen unter Anleitung Döllingers.

⁴⁹² Schmuck 2010, 69–83.

⁴⁹³ Ebd., 72.

bei Ignaz Döllinger.⁴⁹⁴ Auch dessen Arbeit fand in Christian Heinrich Panders deutschsprachiger Veröffentlichung von 1817 Verwendung.⁴⁹⁵

Fest steht jedoch, dass Tredern de Lezerec 1808 in Jena mit seinem Werk über die Hühnerembryologie promovierte, nachdem er sich zuvor 1807 mit Blumenbach über eben dieses Thema beraten hatte. Hierbei sah der junge Embryologieforscher seine Dissertation allerdings nur als vorläufige Arbeit an, auf die eine ausführliche Abhandlung folgen sollte, die nie erschien. Die Gesamtschau Trederns Arbeit ließ auf ein naturwissenschaftlich wertvolles Potential schließen, denn er arbeitete mit einer genauen Methodik, sowie er mit den damaligen Forschungsarbeiten über die Hühnerembryologie bestens vertraut war.⁴⁹⁶ Anschließend verließ Tredern de Lezerec Deutschland, um in Paris sein Studium abzuschließen. Hier wurde er schließlich Marinearzt und wurde auf die Inselgruppe von Guadeloupe in der Karibik versetzt, wo er wahrscheinlich um 1820 verstarb.⁴⁹⁷

Zusammenfassend bleiben einige, interessante Fragen zu Ludwig Sebastian Marie von Tredern de Lezerecs embryologischen Forschungen leider unbeantwortet. Zum einen, ob er Döllinger im Jahr 1804 dazu inspirierte, weiterführende, embryologische Studien am Hühnerembryo durchzuführen, zum anderen, warum er selbst seine exakten Studien nie zu seinem angekündigten, umfassenden Werk ausbaute. So hinterließ der junge Embryologieforscher 1808 eine genaue Arbeit, auf welche folgende Generationen aufbauen konnten.⁴⁹⁸ Schmuck sprach hier von einer „*ikonischen Wende*“⁴⁹⁹, welche die

⁴⁹⁴ Ebd., 74–83.

⁴⁹⁵ Pander 1817a, 3; 25: An beiden genannten Textstellen korrigierte Pander die Beschreibungen seines Vorgängers Tredern de Lezerecs. Hieraus lässt sich schließen, dass Pander auch dessen Arbeit genauestens studiert hatte.

⁴⁹⁶ Bäumer-Schleinkofer 1993, 215–216: S. hier zu den Erkenntnissen, die Tredern in seiner Arbeit gewann.

⁴⁹⁷ Schmuck 2010, 73–74.

⁴⁹⁸ Ebd., 78–80.

⁴⁹⁹ Ebd., 69.

Distanzierung der Embryologieforschung von spekulativen Auslegungen bedeutete, wohingegen die Empirie an Bedeutung gewann.

iii. Weitere, embryologische Forschungsarbeiten

Die Reihe von Schülern, welche sich unter Döllinger mit entwicklungsgeschichtlichen Themen befassten, setzte sich fort, wenngleich die nachfolgenden Studenten sich nicht mit Hühnerembryologie beschäftigten. Erst Christian Heinrich Pander sollte im Jahr 1817 dieses Thema wieder aufgreifen. Zum einen forschte 1816nJohann Lukas Schönlein^{500, 501} über die Entwicklung des menschlichen Gehirns,⁵⁰² zum anderen promovierte Josephus Samuel⁵⁰³ 1816 über das menschliche Ei.⁵⁰⁴ Beide Themen hatte Döllinger selbst untersucht.⁵⁰⁵

Besonders bei der Betrachtung der Dissertation von Johann Lukas Schönlein fällt die Analogie zu Döllingers *Beyträge zur Entwicklungsgeschichte des menschlichen Gehirns*⁵⁰⁶ auf. Auch dieser Schüler Döllingers gliederte seine Arbeit in verschiedene Zeitabschnitte, in denen er die morphologischen Veränderungen der Hirnentwicklung betrachtete. Außerdem fanden sich beim Schüler, ebenso wie bei dessen Lehrer, naturgetreue Kupfertafeln im Anhang.⁵⁰⁷ Die Methodik, über die Beobachtung der sich verändernden Morphologie auf die stattfindenden Entwicklungsvorgänge zu schließen, war bei Lehrer und Schüler analog.

⁵⁰⁰ Gerabek 2007, 419-420: Schönlein erlangte unter Döllinger als Doktorvater 1816 die Doktorwürde, um 1817 zum Professor in Würzburg ernannt zu werden, wo er fortan, sowohl an der Universität als Lehrender, sowie als Arzt tätig war. Ab 1819 wurde er zum stellvertretenden Leiter des Juliusspitals ernannt. Er verließ Würzburg 1832 aus politischen Gründen. Seine Arbeitsweise, sowohl als Arzt, als auch als Naturforscher, war bereits rational geprägt, sodass in ihm der Umbruch von der naturphilosophischen Naturforschung hin zum rationalen Wissenschaftler gezeichnet war.

⁵⁰¹ Mettenleiter 2001, 231–245: S. hier für eine ausführliche Darstellung Schönleins Arbeit am Juliusspital.

⁵⁰² Schönlein 1816.

⁵⁰³ Samuel 1816.

⁵⁰⁴ Schmuck 2010, 62: Döllingers private Ausbildung genoss weiterhin Louis Agassiz (1807-1873).

⁵⁰⁵ Baer 1866, 185.

⁵⁰⁶ Döllinger 1814a.

⁵⁰⁷ Schönlein 1816, 135–140.

IV. Döllingers entwicklungsgeschichtliche Forschungstätigkeit in Würzburg in der Gesamtschau

Im Jahr 1816 schließlich konnte der Würzburger Professor Ignaz Döllinger auf über zwölf Jahre andauernde, entwicklungsgeschichtliche Forschungen zurückblicken. Dabei war seine Motivation, die Entwicklung des Lebens umfassend zu verstehen, vor allem metaphysisch begründet. Dadurch lassen sich hier eindeutig bis ins Jahr 1816 naturphilosophische Konzepte in seinen Werken finden.⁵⁰⁸ In seinen Forschungen beschäftigte er sich schwerpunktmäßig mit Embryologie und Vergleichender Anatomie, wodurch er sich erhoffte, inspiriert durch Schelling und Goethe,⁵⁰⁹ eine Erklärung für die Herausbildung der verschiedenen Formen des organischen Lebens finden zu können. Neben vergleichenden, anatomischen Studien zur Phylogenese befasste er sich ebenso eingehend mit der Erforschung der Ontogenese, indem er embryologische Studien am Hühnerembryo durchführte. Soweit es ihm möglich war, untersuchte er auch menschliche Embryonen wissenschaftlich.⁵¹⁰ Der Mittelpunkt seiner Forschungsmethodik war stets das Mikroskop, sodass er dessen systematischen Gebrauch neu in der embryologischen Forschung etablierte.⁵¹¹

Auf seinem Weg zur wissenschaftlichen Erkenntnis entwickelte Döllinger mit den Jahren eine scharfe Trennung zwischen rationaler, deskriptiver Methodik und einem philosophischen Geist, welcher es erlaubte, seine Forschungsergebnisse in ein ganzheitliches, metaphysisches Konzept der belebten Natur zu integrieren. In seinem Streben, die Anfänge des Lebens zu ergründen, inspirierte Döllinger auch einige seiner

⁵⁰⁸ Schmuck 2010, 64–68: Vgl. hierzu auch Schmucks Analyse des Werks von Döllinger aus dem Jahr 1816, in welchem er die menschliche Zeugung nach naturphilosophischen Konzepten erläuterte.

⁵⁰⁹ Richards 2017, 230–238: Richards ging zusammenfassend davon aus, dass Goethe und Schelling sehr wohl eine Veränderlichkeit der Arten in ihrer Entstehung annahmen und daher ein Evolutionskonzept, nach dem heutigen Verständnis, annahmen, wenngleich sie dies nie so dezidiert, wie später Charles Darwin, formulierten.

⁵¹⁰ Döllinger 1814a: Beispielsweise erforschte Döllinger hier die Entwicklung des menschlichen Gehirns, an Föten, welche er von Hebammen erhalten hatte.

⁵¹¹ Elze 1990, 75.

persönlich anvertrauten Studenten. So blickte der Würzburger Professor 1816 auf eine jahrelange, eigene Forschungslaufbahn zurück. Darüber hinaus hatte er sich bereits eingehend mit einigen Studierenden, worunter die bisher Wichtigsten wohl Oken und Treder de Lezerec waren, speziell mit der Erforschung des Hühnerembryos beschäftigt.⁵¹² Bislang war es allerdings keinem von ihnen gelungen, zu durchschlagenden, embryologischen Erkenntnissen zu gelangen, was die genaue Aufarbeitung der frühen Embryonalstadien betraf. Die Arbeit von Treder mag hier die ersten Anzeichen für den Umschwung der embryologischen Forschungen hin zur Empirie gegeben haben, allerdings untersuchte Treder vor allem die späten Stadien der Embryonalentwicklung des Huhns.⁵¹³ Außerdem schuf er zwar genaue Bildtafeln, enthielt sich aber seiner hieraus gezogenen Erkenntnisse.⁵¹⁴

So hoffte Ignaz Döllinger 1816 also immer noch auf einen jungen, motivierten Studenten, mit dem nötigen, wohlhabenden, finanziellen Hintergrund, um erneut und diesmal endgültig die Untersuchungen am Hühnerembryo aufzunehmen.⁵¹⁵ Die Weichen hatte der Würzburger Professor hierfür selbst in den vergangenen elf Jahren gestellt. Als Christian Heinrich Pander, angeregt durch Karl Ernst von Baer, 1816 in Würzburg eintraf, um bei Döllinger Vergleichende Anatomie zu hören, fand sich letztendlich der junge Mann, der die Ansprüche des Döllingers in einer eigenen Promotionsarbeit verwirklichte.

⁵¹² Schmuck 2010, 61–62: Vgl. hierzu Schmucks Darstellung der „Döllinger Schule“ auf dem Gebiet der Embryologie.

⁵¹³ Ebd., 69–83: Hier findet sich Trederns embryologische Arbeit, mitsamt der Hinwendung seiner Arbeitsweise zur Empirie hin berücksichtigt, dargestellt, sowie ein Ausblick auf die Bedeutung Trederns Dissertation für Pander und Baer.

⁵¹⁴ Ebd., 83: Zu dem Schluss, dass Treder mehr von der Embryonalentwicklung des Huhns verstanden hatte, als sich aus seiner Dissertation entnehmen ließ, kamen Schmuck und Stieda.

⁵¹⁵ Baer 1866, 195: Nachdem Pander in Würzburg ankam, äußerte Döllinger gegenüber Baer eindringlich den Wunsch, dass ein motivierter, wohlhabender Student sich unter seiner Anleitung der Untersuchung des Eis annehmen sollte. Döllinger selbst stellte klar, dass er die Untersuchungen selbst bereits mehrere Male durchgeführt hatte, aber wegen des intensiven Zeitaufwands und der hohen Kosten wieder aufgeben musste.

E. Christian Heinrich Pander

Christian Heinrich Pander forschte hauptsächlich auf dem Gebiet der Paläontologie, doch seine Untersuchung des Hühnerembryos, welche er in seinen Studienjahren durchführte, findet in der heutigen Forschung zur Geschichte der Embryologie immer mehr Beachtung.⁵¹⁶ So konnte er bereits 1817, aufgrund seiner Beobachtungen am bebrüteten Ei, mit seiner Dissertation ein erstes Modell der Keimblatttheorie begründen und hiermit einen entscheidenden Beitrag zum Beleg der Theorie der Epigenese liefern.⁵¹⁷

Bemerkenswert ist besonders, dass Pander der erste Wissenschaftler war, der sich empirisch mit der Erforschung des Hühnerembryos in intensiven, mikroskopischen Studien auseinandersetzte, der von Naturwissenschaftlern 1817 durch eine Besprechung seiner Ergebnisse in der Zeitschrift ‚*ISIS*‘,⁵¹⁸ herausgegeben von Lorenz Oken, wahrgenommen wurde.⁵¹⁹ Zwar hatten bereits Malpighi 1673 und 1768 Caspar Friedrich Wolff⁵²⁰ die Entwicklung des Huhns mithilfe des Mikroskop untersucht,⁵²¹ genauso wie 1808 der recht unbekannte Schüler Döllingers, Ludwig Sebastian Marie von Tredern de Lezerec.⁵²² Seine Dissertation stellte Tredern 1808 fertig. doch fanden seine Ergebnisse nie den Durchbruch an die wissenschaftliche Öffentlichkeit.⁵²³ Betrachtet man den Zeitgeist der Wissenschaftswelt des beginnenden 19. Jahrhunderts, zwischen Naturphilosophie und rationaler Forschung schwankend, so wird umso wichtiger, das

⁵¹⁶ Schmitt 2005, 1–6.

⁵¹⁷ Bäumer-Schleinkofer 1993, 219.

⁵¹⁸ Oken 1817, 1529–1539.

⁵¹⁹ Schmitt 2005, 4.

⁵²⁰ Schmuck 2010, 32–33: Zwar hatte Wolff seine Abhandlung über den Darmkanal bereits 1768 erstmalig veröffentlicht, bekannt machte ihn im deutschsprachigen Raum aber erst Meckels Übersetzung ins Deutsche.

⁵²¹ Adelman 1966a, 833–843.

⁵²² Schmuck 2010, 73: Tredern studierte 1804 in Würzburg bei Döllinger, bevor er nach Göttingen ging, um dort unter Blumenbachs Einfluss über die Hühnerembryologie zu promovieren.

⁵²³ Bäumer-Schleinkofer 1993, 123–212.

Zustandekommen von Panders Arbeit und sein Vorgehen bei seinen Forschungen, in dieser Zeit des wissenschaftlichen Umbruchs, zu untersuchen.

Daher ist es Ziel dieser Arbeit, Panders Vorgehensweise bei der Beobachtung und Aufzeichnung seiner embryologischen Studien aufzuarbeiten und dabei den lokal-historischen Kontext der Jahre 1816 bis 1818 in Würzburg und Umgebung darzustellen. Auch der besondere Arbeitskreis, bestehend aus Pander, Döllinger und D'Alton und die weitere Methodik dieses wissenschaftlichen Trios soll untersucht werden.⁵²⁴

Im Rahmen der Analyse werden seine beiden wissenschaftlichen Werke *,Dissertatio inauguralis sistens historiam metamorphoseos, quam ovum incubatum prioribus quinque diebus subit'*⁵²⁵ und die deutschsprachige Verfassung *,Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Hühnchens im Eye'*⁵²⁶ aufgearbeitet. Im Anschluss werden Panders Ergebnisse kurz erläutert. Seit Marcello Malpighis embryologischen Studien rund 150 Jahre vor Panders erfolgreicher Promotionsarbeit hatten sich einige Naturforscher mit der Hühnerembryologie auseinandergesetzt.⁵²⁷ Daher konnte Pander 1817 deren Arbeiten als Grundlage für seine eigenen Untersuchungen nutzen. Seine eigene Arbeit stützte sich auf Marcello Malpighi, Caspar Friedrich Wolff und Albrecht von Haller.⁵²⁸ Deshalb sollen die Zusammenhänge und Unterschiede zwischen Panders eigener Arbeit und den Werken seiner Vorgänger analysiert werden. Außerdem sind die Rolle und die Bedeutung Ignaz Döllingers für die Forschungen seines Schülers zu klären. Dabei gilt

⁵²⁴ Rajkov 1984, 16–22.

⁵²⁵ Pander 1817b: In den folgenden Passagen bezieht sich der Begriff *,Dissertatio'* auf eben diese Arbeit.

⁵²⁶ Pander 1817a: In den folgenden Passagen bezieht sich der Begriff *,Beiträge'* auf eben diese Arbeit.

⁵²⁷ Pander 1817b, 16–17: Vgl. hierzu in Panders lateinischer Dissertation den Hinweis auf seine Vorgänger und deren verwendete Werke in seinem Vorwort. Hier nennt er Marcello Malpighi, Albrecht von Haller, Caspar Friedrich Wolff, Lazzaro Spallanzani und Ludwig Sebastian Marie von Tredern de Lezerec.

⁵²⁸ Ebd.

es ebenso, den Einfluss naturphilosophischer Ideen auf Panders Dissertation zu untersuchen.⁵²⁹

Da Pander auch Marcello Malpighis Abbildungen lobte,⁵³⁰ die der italienische Forscher seinen embryologischen Werken beilegte,^{531, 532} ist die Frage zu beantworten, wie diese Abbildungen die Kupferstiche des Zeichners Joseph Eduard D'Alton beeinflussten. Besonders bei der Beschreibung der Herzentwicklung verwies Pander auf das Werk Malpighis, daher wird hierauf ein Schwerpunkt gelegt.⁵³³ Im Rahmen dieser Analyse werden die Kupfertafeln D'Altons mit den heutigen Hamilton Stadien der modernen Hühnerembryologie verglichen, um ein Bild über die damals mögliche Leistung in der Mikroskopie und Entwicklungsbiologie zu erhalten. Basierend auf den Ergebnissen dieser Analyse kann anschließend der Unterschied herausgearbeitet werden, welcher zwischen den tatsächlich auf den Kupfertafeln abgebildeten Strukturen und Panders zugehöriger Beschreibung besteht. Hieraus lässt sich schließen, inwieweit Pander bereits fähig war, die frühen Stadien der Embryonalentwicklung vollständig nachzuvollziehen.

Abschließend wird untersucht, welche eigene Theorie der Ontogenese Christian Heinrich Pander in seinem Werk vertrat und wie dies in der wissenschaftlichen Öffentlichkeit des beginnenden 19. Jahrhunderts aufgenommen wurde. Da Panders Arbeit in der wissenschaftlichen Welt dieser Zeit das erste Mal Resonanz durch die Veröffentlichung in der politischen und naturwissenschaftlichen Zeitschrift *ISIS*⁵³⁴ fand, gilt es

⁵²⁹ Schmitt 2005: Vgl. zur Analyse von Panders Verständnis der Metamorphose und des Artbegriffs in der Gesamtschau seines Werkes. Hier findet sich ein Beitrag zur Diskussion zu Panders entwicklungsgeschichtlichen Ansichten.

⁵³⁰ Pander 1817a, 18: Beispielsweise verwies Pander bei seiner Beschreibung der Herzentwicklung auf Malpighis Abbildungen, während er sich bei der anatomischen Beschreibung auf Albrecht von Haller berief.

⁵³¹ Adelman 1966a, 833-840; 1013: Hier findet sich eine ausführliche Analyse der beiden Arbeiten Malpighis zum Hühnerembryo, sowie eine Erläuterung und Darstellung seiner Abbildungen.

⁵³² Bäumer-Schleinkofer 1993, 130–144: Vgl. Eine kurze Übersicht zu Malpighis embryologischen Werk.

⁵³³ Adelman 1966b, 1300–1512: Hier findet sich sowohl ein Vergleich der Beschreibung der Herzentwicklung mit den Arbeiten Wolffs, Hallers, Panders und Baers, als auch eine Darstellung Malpighis eigener Ergebnisse und Methodik.

⁵³⁴ Oken 1817.

insbesondere die Reaktionen seines interessierten Kollegen Lorenz Oken darzustellen. Da sich auch Oken bereits mit embryologischen Forschungen befasst hatte,⁵³⁵ kann durch seine Besprechung Panders Arbeit darauf geschlossen werden, wie die völlig neuartigen Erkenntnisse Panders in Fachkreisen aufgenommen wurden. Durch seinen Mentor Ignaz Döllinger wirkten die Erkenntnisse Panders Dissertation auch lokal in Würzburg. Döllinger hatte sich selbst bereits eingehend mit der Embryologie des Huhns auseinandergesetzt, weshalb ebenso dargestellt werden soll, wie Döllinger Panders Ergebnisse nutzte und inwieweit er diese verstand.

Darüber hinaus wird die sehr bedeutende Beziehung zwischen Karl Ernst von Baer (1792-1876)⁵³⁶ und Christian Heinrich Pander in Bezug auf die Erforschung des Hühnerembryos analysiert, da beide schließlich beim gleichen Lehrer, Ignaz Döllinger, begannen, sich mit vergleichenden, anatomischen Fragestellungen auseinanderzusetzen. Durch den Briefwechsel der beiden Freunde erschließt sich eine gute Quelle, um deren weitere Beschäftigung mit embryologischen Fragestellungen am Huhn nachzuvollziehen.⁵³⁷

I. Lebenslauf bis zur Promotion in Würzburg

1. Leben und Wirken von Christian Heinrich Pander im Überblick

Christian Heinrich Pander wurde am 23. Juli 1794 in Riga als ältester Sohn des Kaufmanns und Bankiers Johann Martin Pander (1765-1842) und Ursula Caroline geb. Wöhrmann (1775-1845) geboren. Nachdem er anfangs seine schulische Ausbildung im Elternhaus erhielt, besuchte er ab dem Jahr 1808 das Gymnasium in Riga, um dann 1812 die Schulausbildung zu beenden und das Medizinstudium im gleichen Jahr an der Universität Dorpat zu beginnen, wo er Karl Ernst von Baer traf, mit dem er sich

⁵³⁵ Gerabek 2001, 58.

⁵³⁶ Rajkov 1968: Die Biographie von Karl Ernst von Baer ist, unter anderem, hier dargestellt.

⁵³⁷ Knorre 1973, 89–116.

befreundete. Aufgrund der unbefriedigenden Lehrsituation an der dortigen Universität verließ Pander 1814 Dorpat und ging nach Göttingen, wo damals der Physiologie und Anatom Johann Friedrich Blumenbach (1752-1840)⁵³⁸ lehrte.⁵³⁹

Schließlich traf er im März 1816 auf einem Studententreffen in Jena, das Karl Ernst von Baer organisiert hatte, auf seine alten Studienfreunde. Hier überredete Baer ihn dazu, mit ihm zusammen nach Würzburg zu kommen, um bei Döllinger Vergleichende Anatomie zu studieren. Pander folgte seinem Freund wenige Monate später nach und kam im Juni 1816 in Würzburg an, wo er anfangs bei Professor Ignaz Döllinger wohnte,⁵⁴⁰ um bald mit den Arbeiten für sein Promotionsprojekt zu beginnen, wobei er zeichnerisch vom Kupferstecher Joseph Eduard D'Alton unterstützt wurde.⁵⁴¹ Der Hauptteil der Arbeit wurde hierbei auf dem Gut des Botanikers Christian Gottfried Nees von Esenbeck in Sickershausen durchgeführt.⁵⁴²

In seiner Dissertation beschrieb Pander erstmalig die Bildung der Keimblätter in der Embryogenese des Huhns.⁵⁴³ Nachdem er 1817 erfolgreich an der Universität Würzburg promoviert hatte, begab er sich von 1818 bis 1819 auf eine vergleichende, anatomische Studienreise mit Joseph Eduard D'Alton als Begleiter.⁵⁴⁴ Ab August 1820 wurde er als Adjunkt in die Petersburger Akademie der Wissenschaften gewählt und machte sich 1820 erneut auf eine Reise, diesmal nach Buchara und kehrte 1821 zurück.⁵⁴⁵

⁵³⁸ Kleinschmidt 1955, 329–330: Blumenbach war seit 1778 ordentlicher Professor für Heilkunde in Göttingen, wo er 1840 verstarb.

⁵³⁹ Rajkov 1984, 16.

⁵⁴⁰ Pander 1817b, 3: Hier schrieb Pander im Vorwort seiner lateinischen Dissertation, dass er bei Döllinger wohnen durfte, sowie er dessen Instrumente nutzen durfte.

⁵⁴¹ Baer 1866, 197.

⁵⁴² Riha 2012, VIII: „*Er [Karl Ernst von Baer] vermittelte seinem Studienfreund Christian Heinrich von Pander [...] ein Promotionsprojekt, dessen Durchführung größtenteils in Sickershausen stattfand.*“

⁵⁴³ Bäumer-Schleinkofer 1993, 219.

⁵⁴⁴ Rajkov 1984, 22-29

⁵⁴⁵ Knorre 1973, 90.

Laut einem Brief vom 03. Januar 1825 von Pander an Baer war er seit 1822, also knapp nach seiner Rückkehr aus Buchara, sehr krank geworden, wobei ihn besonders Fieberschübe und Kopfschmerzen plagten. Diese körperlichen Leiden nahmen ihn teilweise so sehr in Anspruch, dass es ihm langfristig nicht möglich war, seinem gewohnten Leben nachzugehen, weshalb er sich von 1825 bis 1826 auf eine Art Kur auf die Halbinsel Krim begab. Es wird spekuliert, ob sich Pander in Buchara mit Malaria infizierte.⁵⁴⁶

1823 schließlich wurde er zum extraordinären Akademiker in Petersburg gewählt. Im Jahr 1825 heiratete er Amalie Wilhelmine von Scherer, Tochter des Ordentlichen Akademikers für Chemie, Alexander Nikolai von Scherer. Zum ordentlichen Mitglied der Akademie der Wissenschaft für Zoologie wurde Pander erst im Jahr 1826. Bereits ein Jahr später, im Januar 1827, bat er den Präsidenten Uvarov um Entlassung, welche erst im August desgleichen Jahres endgültig vollzogen wurde. Als seinen Nachfolger schlug er seinen alten Studienfreund Karl Ernst von Baer vor.⁵⁴⁷

Fortan widmete sich Pander vor allem geologischen Arbeiten privater Natur. Nachdem sein Vater 1842 starb, waren seine eigenen finanziellen Verhältnisse schlechter, als erwartet, sodass er mit Baers Hilfe ab dem Jahr 1844 Beamter für besondere Aufträge beim Bergcorps wurde.⁵⁴⁸ Ab dem Antritt seiner neuen Arbeitsstelle publizierte Pander hauptsächlich über paläontologische und geologische Studien bis 1864, ein Jahr vor seinem Tod am 22. September 1865 in Petersburg.⁵⁴⁹

2. Historischer Hintergrund der Würzburger Universität im Jahr 1816

⁵⁴⁶ Ebd., 95–97.

⁵⁴⁷ Ebd., 98.

⁵⁴⁸ Ebd., 106–109.

⁵⁴⁹ Rajkov 1984, 129,136-138.

Wie geschah es, dass Christian Heinrich Pander gerade in Würzburg die Begründung der Keimblatttheorie anhand seiner embryologischen Studien am Huhn gelingen sollte? Die Idee, sein in Dorpat begonnenes Medizinstudium in Würzburg fortzusetzen, erhielt er von seinem Freund, Karl Ernst von Baer. Die vergleichenden, anatomischen Studien an verschiedenen Tieren unter Döllingers Anleitung beeindruckten den jungen Karl Ernst von Baer so sehr, dass er bei einem Studententreffen, das er selbst in Jena im März 1816 initiierte, seinem alten Studienfreund Christian Heinrich Pander hiervon erzählte.⁵⁵⁰ Auch Pander zeigte sich interessiert und beschloss, die einmalige Gelegenheit zu nutzen, sich in Würzburg fortzubilden. Schließlich kam er ungefähr im Juni 1816 eben dort an.⁵⁵¹ Pander war zu diesem Zeitpunkt gerade einmal 21 Jahre alt und blickte auf vier Jahre Medizinstudium in Dorpat, Berlin und Göttingen zurück.⁵⁵²

Das Lehrangebot,⁵⁵³ welches ihn erwartete, soll kurz zusammengefasst werden. In Döllinger fand sich ein Lehrer, der umfassend gebildet war, was entwicklungsgeschichtliche und zoologische Untersuchungen betraf. Seine mikroskopischen und embryologischen Forschungen führte er allerdings privat durch. In seiner Wohnung im Rückermain, in der heutigen Karmelitenstraße 20, hatte er sich ein wissenschaftliches Laboratorium angelegt, wo er seine Studenten unterrichtete und mit ihnen gemeinsam am Mikroskop forschte.⁵⁵⁴ Das Sommersemester 1816, in dem Pander an der Universität ankam, las Ignaz Döllinger die ‚*Vergleichende Anatomie nach Blumenbach*‘ täglich nachmittags, ‚*Anatomie nach Hempel*‘ täglich am Abend, die ‚*Physiologie nach eigenem Lehrbuch*‘, sowie ‚*Pathologische Anatomie nach Meckel*‘ täglich am Vormittag.⁵⁵⁵ Prosektor Franz Kaspar Hesselbach führte zweimal täglich den praktischen Unterricht

⁵⁵⁰ Baer 1866, 191–193.

⁵⁵¹ Ebd., 192–193.

⁵⁵² Rajkov 1984, 129.

⁵⁵³ Sticker 1932, 610: Seit 1814 waren die vorher wieder hergestellten Fakultäten erneut abgeschafft worden und nach der Organisationsakte durch die Einteilung in zwei Klassen der Wissenschaften ersetzt worden.

⁵⁵⁴ Mettenleiter 2001, 419.

⁵⁵⁵ Virtuelle Bibliothek Würzburg 1816, 15–16.

im Präparieren durch, wobei Karl Ernst von Baer, der dieses Angebot regelmäßig wahrnahm, über ihn schrieb, dass er „[...] diesen *Cursus in streng hergebrachter Form schon viele Jahre hindurch geleitet hatte, und jetzt im Alter so wortkarg geworden war, dass er mehr mit Zeichen und Winken als mit Worten seine Anleitung gab.*“⁵⁵⁶ Welche Vorlesungen Pander selbst besuchte, ist heute leider nicht bekannt, aber durch die Beschreibung seines Studienfreundes ist zumindest ein Eindruck der Lehre, die beide Studenten in Würzburg erhielten, gegeben. Was die Lehre in der Anatomie betraf, so wurde das ‚*Anatomische Theater*‘ zu diesem Zeitpunkt gerade renoviert. Aber es befand sich dort kein Mikroskop.⁵⁵⁷ Auch ein eigenständiges Gebäude für die Zoologie fehlte.⁵⁵⁸ Folglich musste Pander bei seinen mikroskopischen Studien des Hühnerembryos andere Ressourcen nutzen.

Unterricht im Sezieren, Präparieren und Mikroskopieren erhielt er bei Döllinger selbst, in dessen eigener Wohnung. Die hier vorhandenen Instrumente nutzte er ebenso für seine weiteren Studien.⁵⁵⁹ Doch bevor Pander die Eier mikroskopieren konnte, mussten diese aufwendig bebrütet werden. Da man aber aus dem Briefwechsel von Karl Ernst von Baer mit einem seiner Jugendfreunde, Waldemar von Ditmar, weiß, dass Pander zwei große, mit Öl beheizte Brutmaschine in Betrieb hatte,⁵⁶⁰ dürfte Döllingers eigene Wohnung für langwierige und umständliche Untersuchungen nicht geeignet gewesen sein. In regen Austausch mit Professor Döllinger stand allerdings auch der Botaniker und Naturforscher Christian Gottfried Nees von Esenbeck (1776-1858)⁵⁶¹, der ein großes Gut in Sickershausen besaß. Auch Pander und Baer machten Bekanntschaft mit

⁵⁵⁶ Baer 1866, 189.

⁵⁵⁷ Mettenleiter 2001, 420: Vgl. hierzu den Antrag Döllingers vom 10.02.1818, der im Archiv des Julius-Spitals JuSpi Akt 4459 erhalten ist, in welchem er um die Anschaffung eines aplanischen Mikroskops bat, da dies bislang als Lehrmittel fehlte.

⁵⁵⁸ Ebd., 419-421

⁵⁵⁹ Ebd., 419-421.

⁵⁶⁰ Schröder 1893, 274.

⁵⁶¹ Jahn 1999, 26-28: Christian Gottfried Nees von Esenbeck war Naturforscher, Botaniker und Naturphilosoph. Nach seinem Medizinstudium und der anschließenden Promotion bewohnte er ab 1802 ein Gut in Sickershausen bei Kitzingen am Main.

ihm.⁵⁶² Eben dort hielten sich der Würzburger Professor, Baer und Pander immer wieder auf.^{563, 564} Da Nees großen Anteil an den Forschungen Panders nahm, stellte er sein Gut für die aufwendige Bebrütung der Eier zur Verfügung. Der Beleg hierfür findet sich letztendlich in einem Brief Nees' an Karl Ernst von Baer, in dem er schrieb, dass Pander „*noch nicht fertig mit Brüten*“⁵⁶⁵ sei und plane, zu einem späteren Zeitpunkt wieder hiermit anzufangen.⁵⁶⁶

Da Pander sich Ende 1817 in Sickershausen aufhielt, schrieb er von dort einen Antwortbrief auf Okens Rezension seiner eigenen Dissertation, welche Oken zuvor in seiner Zeitschrift ‚*ISIS*‘ veröffentlichte hatte.⁵⁶⁷ Diesen Antwortbrief veröffentlichte Oken ebenso in der ‚*ISIS*‘ und Pander bestätigte hierin, dass er sich derzeit in Sickershausen befand, von wo er in den nächsten Tagen abreisen wolle.⁵⁶⁸ Zusammengenommen mit den logistischen Schwierigkeiten, die das Ausbrüten von 2000 Eiern mit sich brachte, ist es rückblickend anzunehmen, dass die Studien Panders zum Hühnerembryo in Sickershausen auf dem Gut des Naturforschers Nees durchgeführt wurden.^{569, 570}

⁵⁶² Riha 2012, 4–39: In dem erhaltenen Briefwechsel zwischen Nees und Baer aus den Jahren 1816 bis 1818 ist immer wieder von Pander, D'Alton und gemeinsamen Unternehmungen die Rede.

⁵⁶³ Schröder 1893, 269: An Ditmar schrieb Karl Ernst von Baer am 17.06.1816, dass er auch zusammen mit dem Naturforscher Nees von Esenbeck in Sickershausen einige Zeit verbrachte und lobte dessen jüngst erst erschienenen Werk über die Schwämme.

⁵⁶⁴ Baer 1866, 189: In seiner Autobiographie schrieb Baer, dass er zusammen mit Pander und Döllinger sich immer wieder in Sickershausen bei Nees von Esenbeck aufhielt.

⁵⁶⁵ Riha 2012, 31.

⁵⁶⁶ Ebd., 29–31: Vgl. hierzu den Brief vom 28. Dezember 1816, den Nees an Baer, von Sickershausen aus, verfasste.

⁵⁶⁷ Oken 1817, 1529–1539.

⁵⁶⁸ Oken 1818, 524.

⁵⁶⁹ Jahn 1999, 26–28.

⁵⁷⁰ Riha 2012, 31: Am 28. Dezember 1816, in Sickershausen verortet, schrieb Nees an Baer: „*Pander ist noch nicht fertig mit Brüten, wie ich gedacht, u. fängt zu Fastnacht wieder an.*“

II. Promotion an der Universität Würzburg

1. Bildung des Arbeitskreises bestehend aus Pander, Döllinger und Joseph Eduard D'Alton

Vorerst war Pander allerdings im Juni 1816⁵⁷¹ bloß mit der Absicht nach Würzburg gekommen, sich auf dem Gebiet der Vergleichenden Anatomie fortzubilden. Wie der ambitionierte Professor den angehenden, jungen Mediziner für die Erforschung der Entwicklung des Huhns im Ei gewinnen konnte und wie er selbst, Christian Heinrich Pander und der später dazu stoßende Joseph Wilhelm Eduard D'Alton gemeinsam arbeiteten, wird nun dargestellt.⁵⁷²

Eine sehr schöne Schilderung der Art und Weise, wie Ignaz Döllinger seinen bereits auserwählten Studenten an sein Vorhaben heranführte, findet sich in Karl Ernst von Baers Vorwort zu seinem Werk *Entwicklungsgeschichte der Thiere*.⁵⁷³ In seiner besonderen Art, ausgewählte Studenten bei sich daheim zu betreuen und einen vertrauensvollen Umgang mit ihnen zu pflegen, fand sich schließlich die Gelegenheit, Pander von der Übernahme der Untersuchungen am Hühnerembryo zu überzeugen. Gerne nahm er seine anvertrauten Studenten mit auf Spaziergänge, beispielsweise nach Sickershausen. Spaziergang vermittelt hier allerdings ein falsches Bild über die Strecke, die Döllinger hier vom Rückermain aus bis zum Gut Nees von Esenbecks mit seinen Schützlingen zurücklegte. Dieser Weg entspricht einfach ungefähr 25km.⁵⁷⁴

⁵⁷¹ Baer 1866, 197.

⁵⁷² Schmuck 2010, 99–100: Vgl. hierzu auch Schmucks Darstellung des Zusammenkommens der Forscher und ihrer Arbeitsweise.

⁵⁷³ Baer 1828, 5–7: Baer widmete sein Werk ganz seinem Freund Pander. In seinem Vorwort erinnert sich Baer daran, wie Pander die Untersuchungen bei Döllinger begann. Da diese Erinnerung zeitlich gesehen näher an der tatsächlichen, gemeinsamen Würzburger Zeit liegt, als Karl Ernst von Baers Schilderungen in seiner Autobiographie von 1866, ist das Vorwort von Baers hiesigem Werk eine wichtige Quelle für die Darstellung, wie Pander seine Arbeit bei Döllinger begann.

⁵⁷⁴ Baer 1866, 188–189: Vgl. hierzu Karl Ernst von Baers Schilderung über den Umgang, den Döllinger mit seinen Studenten pflegte und über die häufig gemachten Wanderungen.

Auf eben einem dieser Spaziergänge schließlich vermittelte Karl Ernst von Baer, welcher bereits von Döllingers Idee wusste, die Entwicklung des Hühnchens im Ei im Rahmen eines Promotionsprojekts umfassend studieren zu wollen, zwischen dem Professor und Christian Heinrich Pander.⁵⁷⁵ Dabei hatte Döllinger schon eine genaue Vorstellung von der Durchführung dieser Studien. So müsste man die einzelnen Stadien untersuchen und die mikroskopischen Beobachtungen am besten in einem Kupferstich festhalten. Hierfür schlug Ignaz Döllinger den Kupferstecher Joseph Eduard D'Alton vor, woraufhin Pander einwilligte.⁵⁷⁶ Da dieses Projekt mit hohen Kosten verbunden war, war Panders wohlhabender, familiärer Hintergrund, neben der Motivation des angehenden Embryologieforschers, ebenso von großer Bedeutung.⁵⁷⁷

Warum aber schlug Ignaz Döllinger sofort genau eben diesen Kupferstecher vor? Karl Ernst von Baer schrieb, dass er den Kupferstecher „[...] vor dem Engagement mit Pander nie in Würzburg gesehen [...]“⁵⁷⁸ hatte. Kurzentschlossen schrieb Döllinger demselben einen Brief, für welches Honorar er sich dazu bereit erklären würde, an der Untersuchung teilzunehmen.⁵⁷⁹ Laut Karl Ernst von Baer waren dem Künstler bis zum Beginn der Arbeit mit Döllinger und Pander „[...] Untersuchungen der Entwicklungsgeschichte [...] wohl völlig fremd [...]“.⁵⁸⁰ Daher soll kurz die Person des Kupferstechers Joseph Eduard D'Alton (1772-1840)^{581, 582} dargestellt werden und wie es dazu kam, dass Döllinger ihn um seine Unterstützung bat. Im Jahr 1816 kannte der

⁵⁷⁵ Baer 1828, V–VI.

⁵⁷⁶ Baer 1866, 196.

⁵⁷⁷ Riha 2012, 22: Aufgrund der Kosten für das Öl zum Heizen der Brutmaschinen, für die Eier, sowie für das Gehalt von D'Alton benötigte Pander dementsprechend viel Geld, um das langwierige Projekt finanzieren zu können.

⁵⁷⁸ Baer 1866, 196.

⁵⁷⁹ Ebd., 197.

⁵⁸⁰ Ebd.

⁵⁸¹ Zwiener 2004, 7-17: Hier findet sich eine Arbeit zum Sohn, Johann Samuel Eduard D'Alton. Zu Eduards Joseph, der Vater, familiären Ursprungs s. hier: Laut seiner eigens angefertigten Biographie entstammte Eduard Joseph D'Alton aus Irland und war früh verwaist, wodurch er in Wien durch einen Vormund betreut wurde, der sich ebenso um seine schulische und künstlerische Ausbildung kümmerte.

⁵⁸² Rose 1987: Hier wird der Ursprung der Kunstsammlung von Prinz Albert erläutert, sowie sich im Anhang eine umfassende Darstellung aller Werke D'Altons findet.

Würzburger Professor den Künstler bereits gut drei Jahre. In Wertheim besuchte Ignaz Döllinger den Wertheimer Arzt und Botaniker August Wibel (1776-1814),⁵⁸³ dessen Tochter Henriette die Schwester zu D'Altons Ehefrau Friederike war.⁵⁸⁴ Beide kannten sich wohl aufgrund ihres wissenschaftlichen Interesses für Botanik, denn August Wibel lehnte einst einen Ruf für die Professur der Botanik nach Würzburg ab.⁵⁸⁵ Aus finanzieller Not heraus verweilte die Familie D'Alton in Wertheim bei der Familie Wibel, sodass Ignaz Döllinger bei seinem Besuch auch den Künstler Joseph Eduard D'Alton, mit- samt seines jüngst veröffentlichten Werkes ‚*Die Naturgeschichte des Pferdes*‘ kennen- lernte.⁵⁸⁶ Zuvor hatte sich der Künstler intensiv mit Pferdestudien auseinandergesetzt und sein Talent blieb nicht unbekannt. So förderte beispielsweise Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832)⁵⁸⁷ selbst die Verbreitung seiner Stiche in Weimar. Auch der Pro- fessor Döllinger war bei seinem Besuch im Jahr 1813 sehr angetan, als D'Alton ihm seine Studien zum Bau des Pferdes zeigte, sodass er den Künstler 1814 nach Würzburg einlud.⁵⁸⁸

Da Döllinger das Vorhaben, die Embryonalentwicklung des Huhns zu studieren, schon seit längerem geplant hatte,⁵⁸⁹ sah er es als absolut nötig an, dass hierzu ein Kup- ferstecher benötigt wurde, um die einzelnen Stadien des Embryos naturgetreu abzubil- den.⁵⁹⁰ Aufgrund seines großen, künstlerischen Talents und der räumlichen Nähe war es somit nur schlüssig, dass der Würzburger Professor den Wertheimer Kupferstecher um sein Mitwirken bat. Aus einem Brief von Karl Ernst von Baer an Christian Gottfried Nees von Esenbeck ist das Ankunftsdatum D'Altons in Würzburg bei Döllinger be- kannt. Rund einen Monat später als Pander, nämlich am 23. Juli 1816, stieß er zu

⁵⁸³ Deutsche Biographie.

⁵⁸⁴ Zwiener 2004, 7–8-9

⁵⁸⁵ Ebd., 10.

⁵⁸⁶ Ebd., 9–10.

⁵⁸⁷ Flitner 1964, 546–575: Einer der bekanntesten deutschen Dichter und Universalgelehrter.

⁵⁸⁸ Zwiener 2004, 9–10.

⁵⁸⁹ Baer 1866, 195.

⁵⁹⁰ Ebd., 196.

Döllinger und Pander in Würzburg.⁵⁹¹ Fortan sollten die drei Männer zusammenwirken, sowohl in Sickershausen als auch in Würzburg. Auf dem Gut des Botanikers Nees von Esenbeck wurden die Maschinen betrieben, mit denen gebrütet wurde. In Döllingers Würzburger Wohnung am Rückermain hingegen fand sich die Möglichkeit des geistigen Austausches und des anatomischen Unterrichts,⁵⁹² sowie hier vermutlich auch die Kupferstiche D’Altons nach Abschluss der mikroskopischen Untersuchungen angefertigt wurden.⁵⁹³ Die gemeinschaftliche Arbeit gestaltete sich, vereinfacht dargestellt, so, dass Pander die Eier präparierte und mikroskopierte, wobei ihm Döllinger beratend zur Seite stand. D’Alton hingegen zeichnete, wobei Pander ihn auf die abzubildenden Stadien verwies.⁵⁹⁴

2. Arbeitsweise Panders

a. Beschaffung der Eier

Da es so umständlich war, die Embryonalentwicklung des Huhns von Beginn an genau zu verfolgen, benötigten die Untersucher viele Eier, um über Vergleiche auf den genauen Entwicklungsprozess schließen zu können. Daher zogen sich die Untersuchungen auch länger hin, als anfangs erwartet worden war.⁵⁹⁵ Nachdem sie frisch gekauft

⁵⁹¹ Riha 2012, 5.

⁵⁹² Ebd., 28.

⁵⁹³ Ebd., 56–57: Nees von Esenbeck schrieb aus Sickershausen am 09.03.1817 an Baer: „*Von Herrn Panders Tafeln habe ich nun 2. Proben gesehen. Er schickte mir von der einen ein Exemplar. Der Stich ist sehr zart, und strebt nach dem Ausdruck des Eyartigen.*“ Darüber hinaus erzählte er Baer, wie er Pander in Würzburg besucht hatte und sie gemeinsam ins Theater gegangen waren. Hieraus lässt sich schließen, dass sich Pander und D’Alton, nach Abschluss der Brutarbeiten in Sickershausen wohl wieder in Würzburg aufhielten.

⁵⁹⁴ Schmuck 2010, 99–100.

⁵⁹⁵ Baer 1866, 200.

waren,⁵⁹⁶ wurden sie in einer Brutmaschine aufbewahrt, bis sie zum Mikroskopieren geöffnet wurden.⁵⁹⁷

b. Brutmaschine

Auch den Gebrauch der Brutmaschine erklärte Christian Heinrich Pander in dem Vorwort seiner lateinischen Arbeit zum Hühnchen im Ei. So hatte Samuel Christian Hollmann (1696-1787)⁵⁹⁸ die Maschine erfunden,⁵⁹⁹ wonach sie von Blumenbach verbessert worden war.⁶⁰⁰ Man konnte in dieser gleichzeitig vierzig Eier bei geeigneter Temperatur bebrüten.⁶⁰¹ Was die Brutmaschine und die geeignete Temperatur dazu betraf, so hatte der Göttinger Professor Hollmann schon selbst einige Experimente durchgeführt,⁶⁰² zunächst mit Pferdemit, was er als mangelhaft bewertete. Daher fuhr er fort, eine Maschine, nach der in Berlin erschienenen Anleitung ‚*Memoire sur l’Art de Couvrir les Oeufs ouverts par Mr. Beguelin*‘ von 1769,⁶⁰³ zu bauen, wobei er die Temperatur mit einem fahrenheitischen Thermometer permanent kontrollierte. Schon bald entdeckte er, dass die Eier bei einer Temperatur, die geringfügig wärmer war, als die normale, menschliche Körpertemperatur, besser gediehen, nämlich bei 37 bis 38 Grad Celsius.⁶⁰⁴

⁵⁹⁶ Mettenleiter 2001, 420. Die genaueren lokalhistorischen Untersuchungen von Falkenstein/Feisel 2017 machen dies allerdings unwahrscheinlich, da das Ausbrüten und Präparieren der Eier ja im 25km entfernten Sickershausen erfolgte. Aufgrund der Ergebnisse deren Untersuchungen ist es anzunehmen, dass etwa 20 bis 40 Eier auf dem Markt aus Kitzingen und Umgebung gekauft wurden.

⁵⁹⁷ Schröder 1893, 271: Baer schrieb am 10.07.1816 an seinen Freund Waldemar von Ditmar: „*Um Eier in Menge zu haben, sind zwei Maschinen verfertigt, in denen unter Döllingers Leitung durch künstliche Wärme Eier ausgebrütet werden. Ein eigener Kupferstecher ist in Gold genommen und so ist Pander auf dem Wege sich einen Lorbeerkrantz von Eierschalen um die Stirn zu winden. Ich bin stolz darauf, ein Hauptstimulator zu diesem Unternehmen gewesen zu sehn.*“

⁵⁹⁸ Wagenmann 1880, 760-762: Samuel Christian Hollmann (1696-1787) war seit 1734 ordentlicher Professor für Philosophie und Natürliche Theologie in Göttingen, wo er 1787 verstarb. Im Rahmen seiner wissenschaftlichen Tätigkeit beschäftigte er sich mit der Verbesserung von Thermometern und embryologischen Forschungen und kreierte so eine Brutmaschine für Hühnereier.

⁵⁹⁹ Hollmann 1783: In dieser Veröffentlichung über den Gebrauch von Barometern und Thermometern beschrieb Hollmann ab S. 193 auch die Ausbrütung von Vogeleiern in einer Brutmaschine

⁶⁰⁰ Pander 1817b, 8.

⁶⁰¹ Ebd., 8–9.

⁶⁰² Wagenmann 1880, 760-762

⁶⁰³ Hollmann 1783, 206.

⁶⁰⁴ Ebd., 193–221.

Diese Temperatur wird heute von modernen Brutmaschinen ebenso betrieben, die zusätzlich eine Einrichtung zum Wenden und zum Befeuchten der Luft beinhalten.⁶⁰⁵

Auch zu der Brutmaschine, wie sie Pander verwendete, finden sich noch einige, zusätzliche Informationen. Die Temperaturangabe Panders hierbei war ungenau, da er lediglich schrieb, dass die Temperatur nicht unterhalb von 28 Grad und nicht über 32 Grad, nach Reaumur gemessen, betragen durfte.^{606, 607} Dies entspricht 35 bis 40 Grad Celsius. Hierbei wurde die Maschine mit Öl beheizt, was die Kosten zusammen mit den Eiern zusätzlich noch erhöhte.⁶⁰⁸ Auch hier musste permanent die Temperatur kontrolliert werden, was Pander löste, indem er einen eigens hierfür vorgesehenen Angestellten bezahlte.⁶⁰⁹ Von dieser Art betrieben Pander, Döllinger und D'Alton zwei Maschinen.⁶¹⁰ Laut Pander bebrütete der Arbeitskreis auf diese Art und Weise rund 2000 Eier in Sickershausen.^{611, 612}

c. Mikroskopie

i. Geschichte der Mikroskopie

Die mikroskopische Erforschung des Hühnerembryos hatten vor Christian Heinrich Pander bereits einige Naturwissenschaftler durchgeführt, unter anderem Caspar Friedrich Wolff, Marcello Malpighi und Albrecht von Haller.⁶¹³ Auch sein Lehrer, Ignaz Döllinger, hatte das Mikroskop bei seinen physiologischen und anatomischen Forschungen bereits ungefähr seit dem Jahr 1805 in Gebrauch. Doch wie forschte man um 1800 mit dem Mikroskop? Die Erfindung und der Gebrauch des Mikroskops waren von

⁶⁰⁵ Bellairs/Osmond 2014, 7–8.

⁶⁰⁶ Pander 1817b, 9: Diese Angabe findet sich in der lateinischen Dissertation Panders.

⁶⁰⁷ Pander 1817a, 4: In seiner deutschsprachigen Veröffentlichung sprach Pander von 32 Grad Reaumur, was 40 Grad Celsius entspricht.

⁶⁰⁸ Schröder 1893, 274.

⁶⁰⁹ Rajkov 1984, 17.

⁶¹⁰ Schröder 1893, 274.

⁶¹¹ Pander 1817b, 9.

⁶¹² Riha 2012, 31.

⁶¹³ Bäumer-Schleinkofer 1993, 125–212.

zentraler Bedeutung für die Medizin und die Biologie als Naturwissenschaften.⁶¹⁴ Bereits am Ende des 16. Jahrhunderts baute man in Holland das erste, zusammengesetzte Mikroskop.⁶¹⁵ Zusammengenommen mit dem Aufbruch der Naturwissenschaften hin zu einer rationalen, empirischen Methodik wurde das Mikroskop bald zu vielseitigen Forschungszwecken genutzt.⁶¹⁶

Dabei erfolgten kontinuierlich Verbesserungen, bis schließlich Robert Hooke (1635-1703) ein zusammengesetztes Mikroskop baute mit Stativ und an dem man bereits Vergrößerung und Schärfe einstellen konnte. Auch die Möglichkeit das zu untersuchende Objekt zu beleuchten, war integriert. Bei seinen mikroskopischen Untersuchungen, von beispielsweise Kork, prägte er bereits den Begriff der Zelle.⁶¹⁷

Marcello Malpighi war im 17. Jahrhundert einer der ersten Lebensforscher, der bei seinen Untersuchungen systematisch das Mikroskop einsetzte.⁶¹⁸ Er hatte den Vorteil, dass er Mitglied in der Royal Society war, die damals Naturforscher förderte und ebenso die Herstellung verbesserter Mikroskope unterstützte.⁶¹⁹ Auch Anthony van Leeuwenhoek (1632-1723) und Jan Swammerdam (1637-1680) forschten intensiv mit dem Mikroskop, wobei der wissenschaftlichen Erkenntnis noch die Unvollkommenheit der damaligen Mikroskope im Weg stand.⁶²⁰

Man forschte beharrlich weiter an der Verbesserung von vergrößernden Linsen, sodass 1757 achromatische Fernrohrobjektive entwickelt wurden. Diese konnten analog in der Mikroskopie genutzt werden.⁶²¹ Trotz dieser ersten, technischen Fortschritte wurde die Mikroskopie Mitte des 18. Jahrhunderts nur noch vereinzelt angewandt.

⁶¹⁴ Berg/Freund 1963, 7.

⁶¹⁵ Ebd., 1.

⁶¹⁶ Ebd.

⁶¹⁷ Ebd., 2.

⁶¹⁸ Ebd., 2–3.

⁶¹⁹ Ebd., 2–4.

⁶²⁰ Ebd., 4–5.

⁶²¹ Ebd., 6.

Zudem war es weiterhin dringend nötig, die bisherig benutzten Mikroskope zu verbessern.⁶²²

⁶²² Ebd., 5.

ii. Lichtmikroskopie heute und 1800

Aufgrund der optischen Aberration ist unter einfacher Vergrößerung mit einer Einzellinse die Bildqualität ab einer bestimmten Vergrößerung zu schlecht.⁶²³ Auch Ignaz Döllinger hatte bereits die Grenzen der Vergrößerungsfähigkeit einer einzelnen Linse erkannt, so schrieb er 1829 über die einfachen Mikroskope, „[...] dass die Vergrößerungen, welche sie bewirken, nicht so stark sind, als es der Naturforscher in manchen Fällen wünschen muss, [...]“.⁶²⁴ Um optimale Forschungsbedingungen zu erhalten, forderte er eine Vergrößerung von 300 bis 500facher Norm, wobei das Auflösungsvermögen noch ausreichend für anatomische Studien sein musste.⁶²⁵ Um zu veranschaulichen, welche Vergrößerung zu histologischen Untersuchungen benötigt wird, soll hier ein kurzes Beispiel gebracht werden. Wenn man heute ein Präparat des menschlichen Eierstocks betrachtet, um eine Eizelle von einem Durchmesser von ungefähr 0,12 bis 0,13mm zu sehen, reicht bereits eine 25fache Vergrößerung, um diese darzustellen. Mit einer 300fachen Vergrößerung ist es dem Untersucher möglich, alle Details auf zellulärer Ebene zu mikroskopieren.⁶²⁶

Daher war es auch für Döllinger offensichtlich, dass es für weiter Fortschritte in der Forschung absolut notwendig war, höhere Vergrößerungszahlen bei gleichzeitig gutem Auflösungsvermögen zu erreichen. Dies konnte man schon Mitte des 19. Jahrhunderts durch zusammengesetzte Mikroskope bewerkstelligen, in dem man verschiedene Linsen zu einem Objektiv kombinieren konnte. Die Optik bestand, damals wie heute, aus einem variablen Objektiv und einem Okular. Die Linse des Objektivs konnte durch weitere, optische Elemente ergänzt werden, um insgesamt die Vergrößerungsfähigkeit noch weiter zu erhöhen.⁶²⁷ Beispielsweise beschrieb Döllinger, dass man die

⁶²³ Haus 2014a, 4–5.

⁶²⁴ Döllinger 1829, 6.

⁶²⁵ Ebd., 6–8.

⁶²⁶ Kühnel 1989, 328–329.

⁶²⁷ Haus 2014a, 7.

Vergrößerungsfähigkeit des Objektivs aus mehreren Linsen, die dem Mikroskop bereits beigelegt waren, variieren konnte.⁶²⁸ Bei heutigen Lichtmikroskopen werden, je nach Hersteller und Bauart, Vergrößerungen bis zu 2000facher Norm erreicht. In der Lichtmikroskopie leidet bei so hohen Vergrößerungen allerdings die Qualität des Auflösungsvermögens erheblich. Das abzubildende Objekt wird also nur größer, jedoch nicht schärfer.⁶²⁹

Das von Döllinger 1829 beschriebene Mikroskop besaß eine Beleuchtungseinrichtung mit Beleuchtungsspiegel, einen Objektivträger mit Klammern und Mikrometerschrauben zur genauen Ausrichtung. Was die optische Ausstattung betraf, so besaß das Mikroskop ein Objektiv, das man aus bis zu vier Linsen kombinieren konnte, sodass sich eine Vergrößerungsfähigkeit mit einer Bandbreite von 42 bis 440facher Norm ergab. Auch ein Prisma, das man variabel einsetzen konnte, um den Strahlengang zu verändern, war beigelegt.⁶³⁰

Die technische Ausstattung des beschriebenen Mikroskops von 1829 war vermutlich derjenigen, die Pander 1816 bis 1817 benutzte, überlegen. Dennoch zeigt sich anhand Döllingers Darstellung des zusammengesetzten Mikroskops, wie nah die technischen Möglichkeiten der Lichtmikroskopie an die heutigen Anforderungen gelangten, was histologische Forschungen betrifft.

iii. Die Anwendung des Mikroskops bei Christian Heinrich Pander

Schließlich lebte die Anwendung des Mikroskops vor allem in der Embryologieforschung erneut auf, wobei Ignaz Döllinger als ein wichtiger Forscher zu nennen ist. Er leitete seinen Schüler Pander praktisch in der Mikroskopie an, sodass es diesem durch seine eigenen Studien von 1816 bis 1817 möglich war, die Keimblatttheorie zu

⁶²⁸ Döllinger 1829, 9.

⁶²⁹ Haus 2014a, 14–17.

⁶³⁰ Döllinger 1829, 15–16.

begründen. Später, im Jahr 1827, sollte Panders Freund, und ebenso Schüler Döllingers, Karl Ernst von Baer, das Säugetierei mit Hilfe des Mikroskops entdecken.⁶³¹

So war das zusammengesetzte Mikroskop, wie es Pander neben einfachen Mikroskopen für seine Untersuchungen nutzte, 1816 bereits rund 100 Jahre bei naturwissenschaftlichen Forschungen in Gebrauch. Natürlich besaß Pander im Juni 1816, als er als junger Student in Würzburg ankam, keine Mikroskope. Viel mehr verdankte er es Ignaz Döllinger, dessen eigene Mikroskope benutzen zu dürfen.⁶³² Dabei nutzte Pander sowohl einfache als auch zusammengesetzte Mikroskope.⁶³³ Die Keimhaut betrachtete er dabei teils auf Glas,⁶³⁴ teils auf schwarzem Hintergrund gelegt unter dem Mikroskop, nachdem er sie zuvor in Wasser gelegt und von der Dottermembran abgetrennt hatte.⁶³⁵ Einen genauen Namen gab er hierbei seinen Mikroskopen allerdings nicht, genauso wenig erwähnte er die exakte Vergrößerung, die er bei seinen Untersuchungen wählte.⁶³⁶

Dennoch lässt sich durch die Analyse der Figuren Panders auf seine Untersuchungsmethodik mit dem Mikroskop schließen. Bei der Auswertung der Kupfertafeln Panders wird im folgenden immer Bezug auf die Einteilung der Embryonalentwicklung des Huhns nach Hamburger und Hamilton Bezug genommen. Die Stadien der Hühnerentwicklung sind bei Bellairs und Osmond nach dieser gängigen Klassifikation sowohl erläuternd als auch in Abbildungen wiedergegeben.⁶³⁷ Die Einteilung nach Hamburger und Hamilton gliedert sich in insgesamt 46 Zeitabschnitte, in welchen bestimmte, morphologische Veränderungen eintreten, anhand derer es möglich ist, das

⁶³¹ Berg/Freund 1963, 8.

⁶³² Pander 1817b, 2–3: Im Vorwort zu Panders ‚*Dissertatio*‘ findet sich eine Danksagung an Döllinger, dafür dass der junge Student die Instrumente des Professors nutzen durfte.

⁶³³ *Ebd.*, 14. *Jamque ad hoc ipsum necesse est microscopiorum varia genera, nunc minus nunc magis audentia, nunc simplicia nunc composita admoveas. Quodsi velis vel sola oculorum acie, vel simplici eaque magnae potestatis lente adjutus, ad rem ingredi, id cura, ut blastoderma in aquam, ut ante dictum est, immisum, solo quodam nigro superimposita sit.*“

⁶³⁴ Pander 1817a, 9.

⁶³⁵ Pander 1817b, 14.

⁶³⁶ *Ebd.*

⁶³⁷ Bellairs/Osmond 2014, 603–621.

Entwicklungsstadium des Embryos zu datieren.⁶³⁸ Da sich diese morphologischen Merkmale auch in den Figuren von Panders Kupfertafeln finden lassen, ist ein Abgleich hier möglich

Wie ging Pander bei der Untersuchung der frühen Embryonalstadien vor? Unter früh versteht man hauptsächlich die Entwicklungsschritte, in welchen die Keimhaut entsteht, um dann die Primitivfalten und das Neuralrohr mit den Somitenanlagen zu bilden.⁶³⁹ Pander gab seine Methodik, welche er bei Mikroskopieren eben dieser Zeitabschnitte anwandte, wie folgt an: „*Um diesen ersten Anfang des werdenden Vogels zu beobachten, muß man ein Segment der Dotterhaut über dem Hahnentritt ausschneiden, im Wasser die anhängende Keimhaut abspülen, und auf einer Glasplatte unter einer mäßigen Vergrößerung bringen. Eine starke Vergrößerung leistet hier gar keine Dienste, da noch im ganzen Keimhof die Keimhaut überall gleich ist.*“⁶⁴⁰ Die geringe Vergrößerung, von der Pander schrieb, bestätigt sich in der Auswertung seiner Bildtafeln II und III, welche die Keimscheibe bis hin zum ausgebildeten Neuralrohr mit der Somitenanlage darstellen.⁶⁴¹

Auf den Kupfertafeln D'Altons sind teilweise Referenzfiguren in realitätsgetreuer Größe angegeben, sodass hier auf die Vergrößerungsfähigkeit rückgeschlossen werden kann.⁶⁴² Auf Tafel III verwendete er demnach eine 5 bis 6fache Vergrößerung bei der Untersuchung der Embryonen.⁶⁴³ Auch auf der Tafel V finden sich

⁶³⁸ Ebd., 603.

⁶³⁹ Ebd., 602–604. Diese Schritte vollziehen sich vom ersten Anzeichen des Primitivstreifens in Stadium 1 bis einschließlich zum 14. Stadium nach Hamburger und Hamilton.

⁶⁴⁰ Pander 1817a, 9.

⁶⁴¹ Ebd., S. hierzu hauptsächlich Tafel II und III.

⁶⁴² Ebd., Tafel III; V

⁶⁴³ Ebd., Tafel III: Figur III bemisst einen Längsdurchmesser von 55mm, die Maßstabsfigur hierzu bemisst 10mm, sodass sich hieraus eine 5,5fache Vergrößerung errechnet.

Referenzangaben, sodass hier ebenso auf die gewählte Vergrößerung geschlossen werden kann, welche das 5fache der Norm beträgt.⁶⁴⁴

Die übersichtliche Darstellung des Primitivstreifens ist im modernen Werk zur Hühnerembryologie höher gewählt, bei 35 bis 45facher Norm.⁶⁴⁵ Zur Darstellung der Dreischichtung der Keimhaut auf zellulärer Ebene bedarf es allerdings bereits einer 145fachen Vergrößerung.⁶⁴⁶ Daraus folgt, dass Panders gewählte Vergrößerung für eine übersichtliche Darstellung der Primitivfalten zwar ausreichend war, er für seine Beschreibung der dreischichtigen Keimscheibe wohl aber höhere Vergrößerungen gewählt haben musste, was er nicht angab.

Interessant für die Analyse, wie Pander das Mikroskop gebrauchte und wie D’Alton die mikroskopischen Beobachtungen zeichnete ist die Tafel VIII. Diese Tafel zeigt den Embryo mit umgebendem Gefäßnetz. Der Embryo, welcher hier dargestellt ist, befindet sich ungefähr im 14. Stadium nach Hamburger und Hamilton. Da die Tafel V in ihren Figuren Embryonen zeigt, die sich zwischen dem 12. und 14. Entwicklungsstadium nach Hamburger und Hamilton befinden, kann man die dort angegebene Referenzgröße als ungefähren Maßstab für weitere, gleichalte Figuren auf anderen Tafeln Panders verwenden. Basierend hierauf lässt sich die ungefähre Vergrößerung des dargestellten Embryos mit der umgebenden Area vasculosa auf Tafel VIII analysieren. So ergibt sich für die Figur der Tafel VIII, die laut Pander „[...] zwar willkürlich sehr stark vergrößert [...]“⁶⁴⁷ dargestellt ist, eine 12fache gewählte Vergrößerung.⁶⁴⁸

⁶⁴⁴ Pander 1817a, Tafel V: Beispielsweise beträgt der Längsdurchmesser der Figuren V und VI jeweils ungefähr 45mm, die Referenzabbildungen haben einen Längsdurchmesser von 9mm, was einer 5fachen Vergrößerung entspricht.

⁶⁴⁵ Bellairs/Osmond 2014, 148–159.

⁶⁴⁶ Ebd., 148–149.

⁶⁴⁷ Pander 1817a, 38.

⁶⁴⁸ Ebd., Tafel VIII: Hierauf ist ein Embryo im Stadium 14 mit der umgebenden Area vasculosa zu sehen. Aufgrund von Messungenauigkeiten und dem fehlenden Maßstab ist die Vergrößerung hier allerdings nur ungenau zu bestimmen.

Insgesamt stellt die Tafel VIII das Gefäßnetz sehr detailreich dar, die Vergrößerung war mit 12facher Norm hingegen nicht hoch gewählt. Gerade bei der Entstehung der Gefäße und der Bildung des Blutes hatte Pander aber angegeben, eine hohe Vergrößerung zu verwenden. In seinen ‚*Beiträgen*‘ beschrieb er die beginnende Entwicklung der Gefäßhaute wie folgt: „*Bei stärkerer Vergrößerung wird man gewahr, daß diese Inselchen und ihr Ring sehr kleinen Kügelchen gebildet werden, welche der unteren Fläche der serosen Schichte ankleben. [...] Gegen die dreißigste Stunde aber löst sich die ganze, das serose Blatt bedeckende, Kugelschichte in ein netzartiges Gewebe auf.*“⁶⁴⁹ Vergleicht man dies mit heutigen lichtmikroskopischen Aufnahmen, die zur Übersicht, neben den Entwicklungsstadien des Hühnerembryos nach Hamburger und Hamilton, abgebildet sind, so verwendet man auch hier lediglich eine 12fache Vergrößerung.⁶⁵⁰ Filigranere Strukturen des Gefäßnetzes, wie Pander sie im obengenannten Auszug beschrieb, lassen sich hiermit allerdings nicht erkennen, weder auf der Tafel VIII Panders, noch bei den heutigen Übersichtsaufnahmen.

Einen so detailreichen Entwicklungsprozess, wie die Bildung der Blutinseln aus dem Mesoderm ab Stadium 9, welche sich später zu einem feinen Kapillarnetz verzweigen,⁶⁵¹ wird Pander kaum mit einer 12fachen Vergrößerung gesehen haben. Auch hier dient wieder der Vergleich zu einem modernen Lehrbuch der Veranschaulichung, wie komplex die Entstehung der Area vasculosa ist. Um die Dreischichtung der Keimhaut genau auf zellulärer Ebene differenzieren zu können, braucht es ungefähr eine 145fache Vergrößerung.⁶⁵² Die Ausbildung der einschichtigen Kapillaren aus dem Mesoderm,

⁶⁴⁹ Pander 1817a, 13.

⁶⁵⁰ Bellairs/Osmond 2014, 603–621: Die gesamte Einteilung der Embryonalentwicklung des Huhns nach Hamburger und Hamilton, zusammen mit den jeweiligen Abbildungen, findet sich hier.

⁶⁵¹ Ebd., 59.

⁶⁵² Ebd., 148–149.

wie es Pander in obengenannter Passage versuchte, zu beschreiben, wird heute bevorzugt mit rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen dargestellt.⁶⁵³

Daraus folgt, dass Pander sich wohl kaum auf eine 12fache Vergrößerung berief, als er von einer hohen Vergrößerung bei der Untersuchung der Gefäßbildung sprach. Was bedeutete hoch in Bezug auf die gewählte Vergrößerung für Christian Heinrich Pander? Tatsächlich finden sich auf Tafel X weitere Figuren, welche das Gefäßnetz abbilden.⁶⁵⁴ Legt man der Darstellung des Gefäßnetzes auf Tafel VIII eine 12fache Vergrößerung zu Grunde, so lassen sich die Ausschnitte des Gefäßnetzes auf Tafel X ungefähr in ihrer Vergrößerung bestimmen. Figur II zeigt das Gefäßnetz in 30facher Vergrößerung, Figur III und V in 20facher Vergrößerung und in Figur IV schließlich findet sich ein Ausschnitt der Gefäße in 50facher Vergrößerung. Dies ist bislang die höchst gewählte Vergrößerung, die sich bei Pander finden lässt.

Allerdings fällt eine 50fache Vergrößerung immer noch zu gering aus, um zelluläre Strukturen des Mesoderms zu untersuchen. Genau dies versuchte Pander aber, in seinen Beiträgen zu beschreiben, indem er von „*sehr kleinen Kügelchen [...], welche der unteren Fläche der serösen Schichte ankleben*“⁶⁵⁵ sprach. Die Dreischichtung der Keimhaut und die zellulären Bestandteile des Mesoderms sind im modernen Bildatlas im Vergleich zu D’Altons Kupferstichen stets mit mindestens doppelt so hoch vergrößert abgebildet, wie beispielsweise in 100facher, bis 150facher Norm.⁶⁵⁶ Warum Pander hier keinen Wert darauf legte, diese Strukturen in höherer Vergrößerung abzubilden, bleibt unklar. Ein Grund hierfür könnte in der Tatsache liegen, dass Pander 1816 noch

⁶⁵³ Ebd., 216: Beispielsweise hier: Plate 43; Blood vessel formation. Die rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen zeigen hier das Netz aus Angioblasten, welche aus dem Mesoderm entstammen.

⁶⁵⁴ Pander 1817a, Tafel X.

⁶⁵⁵ Ebd., 13.

⁶⁵⁶ Bellairs/Osmond 2014, 260–269: Beispielsweise sind hier Querschnitte durch den embryonalen Körper zwischen den Entwicklungsstadien 9 und 10 wiedergegeben, die zwischen einer 100fachen und 150fachen Vergrößerung variieren.

überhaupt nichts von dem Begriff Zelle wusste.⁶⁵⁷ Indem er erkannte, dass der Embryo aus drei Membranen bestand, waren für ihn alle primären und wesentlichen Fragen vorerst geklärt. Der differenzierte, zelluläre Aufbau der jeweiligen Schicht entging ihm hierbei natürlich, doch konnte dies auch offensichtlich nicht das Forschungsziel Panders Arbeit sein. Man darf bei der Bewertung seiner mikroskopischen Technik nicht außer Acht lassen, dass es ihm ja nichtsdestotrotz gelang, die Dreischichtung der Keimhaut überhaupt zu sehen und hieran sein erstes Konzept der Keimblatttheorie für die Bildung des Embryos aufzustellen.

Abgeleitet aus diesem ersten Konzept, dass die Grundlage für die Entstehung des Embryos eben die dreiblättrige Keimhaut war, beschrieb Pander die Entstehungsprozesse der Organe.⁶⁵⁸ Die aus den Keimblättern abgeleitete Organogenese ist sicher präziser in hoch gewählter Vergrößerungszahl zu untersuchen.⁶⁵⁹ Daher ist es fragwürdig, wie tiefgreifend Pander die so untersuchten Strukturen in ihrer Herkunft und Bedeutung wirklich verstand und wie genau seine Abbildungen die Entwicklungsprozesse wiedergaben. Dies soll ausführlich in der Analyse der beigelegten Kupfertafeln erörtert werden.

Allein für sich genommen ist die wissenschaftliche Methodik in der Mikroskopie nicht der ausschlaggebende Punkt für den Erfolg embryologischer Forschungen. Zuzätzlich gilt es, den Embryo vorab richtig zu präparieren und anschließend so unter das Mikroskop zu bringen, dass seine Entwicklung fortlaufend exakt beobachtet werden

⁶⁵⁷ Schmuck 2010, 110–111: Erst Schwann und Schleiden führten um 1830 den Begriff der Zelle in die Lebenswissenschaften ein, was einen maßgeblichen Erkenntniszuwachs in einigen Wissenschaftsdisziplinen, wie der Embryologie und Pathologie, nach sich zog.

⁶⁵⁸ Pander 1817a, 12–17: Beispielsweise beschrieb Pander hier zuerst die Entwicklung des Herzens aus einer sackförmigen Anlage, welche sich aus einer der Keimhäute abfaltete.

⁶⁵⁹ Bellairs/Osmond 2014, 194–205: Beispielsweise ist hier die Entwicklung des Herzens durch rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen dargestellt. Diese Verfahren lässt sich an Genauigkeit selbstverständlich nicht mit der Lichtmikroskopie vergleichen.

kann. Wie Pander diese Herausforderung meisterte, soll im nächsten Punkt erklärt werden.

d. Beobachtung der Eier

i. Panders Methodik

Döllinger zeigte seinem Schüler Pander eine effiziente Art und Weise, die Eier so zu öffnen und den Embryo zu präparieren, sodass man ihn anschließend mikroskopieren konnte. Wie präparierte Döllinger den Embryo und wie hatte der Würzburger Embryologe und Anatom seine Methodik entwickelt?

Schon Karl Ernst von Baer fiel die Genialität von Döllingers Technik auf. So stellte er fest, dass es dem Forscher hierdurch ermöglicht wurde, bereits sehr frühe Stadien der Embryonalentwicklung zu beobachten. Daraus folgerte er, dass Albrecht von Haller wohl eine andere Methodik verwandt. Was Marcello Malpighi und Caspar Friedrich Wolff anging, so hielt er es für wahrscheinlich, dass diese ähnlich zu Döllingers Methodik vorgegangen waren.⁶⁶⁰ Was Döllingers Methode betraf, so beschrieb Christian Heinrich Pander diese selbst, besonders detailliert im Vorwort seiner lateinischen Dissertation,⁶⁶¹ sowie sich eine Beschreibung der Arbeitsweise der Forscher in Karl Ernst von Baers Autobiographie findet.⁶⁶² Auch die Methode Malpighis ist komplett überliefert, weshalb kurz dargestellt werden soll, welche Techniken angewendet wurden, um den Keim unter dem Mikroskop betrachten zu können.

Wenden wir uns zuerst der Erläuterung von Malpighis Methodik bei Adelman zu.⁶⁶³ Während seiner frühen Versuche, die Embryonalentwicklung des Huhns unter dem Mikroskop mitzuverfolgen, betrachtete Malpighi den Keim noch auf dem Eigelb liegend. Dies beeinträchtigte die Genauigkeit seiner ersten Versuche sehr. In seinen folgenden Untersuchungen allerdings, die er 1672 begann, trennte er die Keimscheibe vom Eigelb ab, legte diese auf ein Glas, um diese anschließend unter dem Mikroskop zu

⁶⁶⁰ Baer 1866, 199.

⁶⁶¹ Pander 1817b, 13–16.

⁶⁶² Baer 1866, 198–199.

⁶⁶³ Adelman 1966a, 833–835.

betrachten. Dies war insofern ein ernst zu nehmender Fortschritt in der Embryologieforschung, da es dem italienischen Wissenschaftler erlaubte, bereits frühe Stadien der Embryonalentwicklung zu studieren.⁶⁶⁴

Da anzunehmen ist, dass der junge Student Christian Heinrich Pander sich bislang noch nicht ausführlich mit der Präparation von Hühnerembryonen auseinandergesetzt hatte, war die Erfahrung Döllingers sicher ein großer Vorteil und grundlegend für den Erfolg seiner Arbeit. Schließlich hatte er den erfahrenen Embryologen und Anatomen Döllinger als unmittelbaren Anleiter zu seiner Seite stehen. Daher offenbart sich in der Beschreibung von Panders Methodik unmittelbar auch Döllingers praktisches Verfahren der Präparation der Eier.⁶⁶⁵

Betrachten wir die Methode, die Pander beschrieb, genauer. Nachdem das Ei bereits bebrütet war, löste sich das Eiweiß mitsamt dem Dotter von der Schale, sodass sich dazwischen ein luftgefüllter Hohlraum bildete. Döllinger erklärte seinem Schüler Pander, wie man das Ei zu öffnen hatte, um eben diesen Luftraum zu entleeren.⁶⁶⁶ Daraufhin sank das Dotter, mitsamt der Dottermembran, auf der das Blastoderm schwamm, nach unten. Diese Schritte waren notwendig, um das Blastoderm, nach Pander selbst so benannt,⁶⁶⁷ unversehrt zu halten, welches bei der groben Öffnung der Schale natürlich leicht zerstört werden konnten, falls dieses an den Eihäuten haften blieb. Danach erweiterte man die Öffnung der Schale und goss die Dotterkugel in ein kleines, mit Wasser

⁶⁶⁴ Ebd., 833: Marcello Malpighi verfasste 1672 zwei Dissertationen über die Hühnchenentwicklung. Sein erstes, frühes Werk trägt den Namen *De formatione de pulli in ovo* und seine zweite Arbeit betitelte er *Appendix repetitas auctasque de ovo incubato observationes continens*. Die *Opera posthuma* von 1697 ist sein zweites Werk. Für seine zweite Untersuchungsreihe benutzte er bereits seine verbesserte Methodik.

⁶⁶⁵ Baer 1866, 198: So beschrieb Karl Ernst von Baer die Anleitung des erfahrenen Professors und Embryologen Döllinger „*Es ist keine Frage, dass Döllinger schon früher eine Reihe von Untersuchungen über die Entwicklung des Hühnchens angestellt hat und mit der Behandlung der Brütmaschine vertraut war. Außer seiner eigenen Angabe ging das schon aus der zweckmäßigen Methode, mit der er das Ei behandelte, um den werdenden Embryo unter das Mikroskop zu bringen, hervor.*“

⁶⁶⁶ Churchill 1991, 3–4: Churchill maß diesem zunächst einfach erscheinenden Vorgang eine herausragende Bedeutung bei, da es den Forschern so erlaubte, das Blastoderm unversehrt zu studieren.

⁶⁶⁷ Bäumer-Schleinkofer 1993, 219: Pander beschrieb als einer der ersten Naturforscher den Hahnentritt des Eis besonders detailliert, wobei er dessen Bestandteile den Namen Nucleus und Blastoderm gab.

gefülltes Gefäß. Anschließend löste man vorsichtig den Keim von der Dottermembran, sodass derselbe nun unter dem Mikroskop betrachtet werden konnte.⁶⁶⁸ Hier war die Methode also analog zu der, die bereits Malpighi verwendet hatte.

Auch Panders Beschreibung in seiner lateinischen Dissertation gibt praktisch das gleiche Verfahren wieder.⁶⁶⁹ Dort finden sich noch genauere Anweisungen, wie man weiter vorzugehen hatte, um das bestmögliche Ergebnis zu erzielen. Beispielsweise empfahl er zusätzlich, den bereits präparierten Embryo, in ein Uhrglas gelegt, mit heißem Wasser zu bespritzen, um den Blutkreislauf weiter aufrechtzuhalten.⁶⁷⁰ Bei der Betrachtung der Eier wählte Christian Heinrich Pander die Reihenfolge, die Entwicklung des Hühnerembryos nicht rückwärts nachzuvollziehen, sondern den gesamten Prozess der ersten fünf Tage, vom absoluten Anfangspunkt ausgehend, chronologisch fortlaufend darzustellen.⁶⁷¹

Aufgrund Döllingers langjähriger Beschäftigung mit der embryologischen Untersuchung des Hühnerembryos hatte Pander natürlich den weitreichenden Vorteil, die Irrwege seiner Vorgänger umgehen zu können und so mit einer bereits etablierten und effizienten Methodik seine Forschungen zu beginnen.⁶⁷² Wie unter der Aufarbeitung Ignaz Döllingers embryologischer Forschungen dargelegt, hatte der Würzburger Professor im Jahr 1816 bereits elf Jahre seiner Forschungstätigkeit den mikroskopischen Studien des Hühnerembryos gewidmet. Dies war absolut notwendig, um eine exakte, empirische Methodik in der Präparation und Mikroskopie des Hühnerembryos zu entwickeln. Diesen Eindruck bestätigte Karl Ernst von Baer nur, als er 1816 den Anfängen von Panders Dissertation unter Döllingers Anleitung beiwohnte: „*Es ist keine Frage, dass Döllinger schon früher eine Reihe von Untersuchungen über die Entwicklung des Hühnchens*

⁶⁶⁸ Baer 1866, 198–199.

⁶⁶⁹ Pander 1817b, 13–15.

⁶⁷⁰ Ebd., 13.

⁶⁷¹ Baer 1866, 200.

⁶⁷² Ebd.

angestellt hatte und mit der Behandlung der Brütmaschine vertraut war. Ausser seiner eigenen Angabe ging das schon aus der zweckmässigen Methode, mit der er das Ei behandelte, um den werdenden Embryo unter das Mikroskop zu bringen hervor.“⁶⁷³

Man muss bedenken, dass die Embryologieforschung des 18. Jahrhunderts vorzugsweise dem Zweck diente, bestimmte, entwicklungsgeschichtliche Überzeugungen zu belegen. Wissenschaftliche Rationalität rückte hierbei in den Hintergrund, weshalb es umso mehr nötig war, bereits bestehende Erkenntnisse in ihrem empirischen, wissenschaftlichen Wert zu hinterfragen. Dies hatte beispielsweise schon Caspar Friedrich Wolff erkannt, der seine ersten embryologischen Arbeiten letztendlich darin begründete, die Lehren Hallers zu widerlegen, da es ihm selbst unmöglich erschien, Hallers Theorie der Präformation rational nachzuvollziehen.⁶⁷⁴

Eine mangelhafte, wissenschaftliche Methodik führte natürlich zu Irrtümern in den Untersuchungsergebnissen. Gerade Haller ist ein guter Beleg für die Fehlinterpretationen, die einem Wissenschaftler der damaligen Zeit aufgrund methodischer Mängel unterlaufen konnten. So bespritzte er den Hühnerembryo mit Weinessig, sodass das Eiweiß koagulierte, was er wiederum fälschlicherweise als bereits ausgeformte Strukturen interpretierte, die sich während der Entwicklung nur noch zu ihrer vollendeten Form verfestigten.⁶⁷⁵

Döllinger hatte genug Gelegenheit, in seinen eigenen Forschungen und bei der Betreuung embryologischer Forschungsarbeiten seiner Studenten, sich über einen Zeitraum von über elf Jahren wissenschaftlich mit der mikroskopischen Erforschung der Entwicklung des Hühnerembryos auseinanderzusetzen. Dass er bereits 1805 bestens mit dem Mikroskop und dessen Gebrauch bei embryologischen Studien vertraut war, zeigte sich durchaus im wissenschaftlichen Erfolg seines Schülers Lorenz Oken, der 1806

⁶⁷³ Baer 1866, 198.

⁶⁷⁴ Bäumer-Schleinkofer 1993, 211–212.

⁶⁷⁵ Ebd., 189.

neue Erkenntnisse zu der Darmentwicklung der Säugetiere liefert. Auch der weitere Schüler Döllingers, Ludwig Sebastian Marie von Tredern de Lezerec, lieferte mit seiner Promotionsarbeit an der Universität Jena im Jahr 1808 einen wissenschaftlich ernst zu nehmenden Beitrag zur Aufarbeitung der Embryonalentwicklung des Huhns. Beide hatten vorab bei Döllinger mikroskopische Studien am Hühnerembryo durchgeführt.⁶⁷⁶ Was aber machte den Erfolg Döllingers gelehrter Forschungsmethodik aus? Die Eigenheit Döllingers lag bei all seinen Forschungen darin, dass er der Untersuchung der wahrhaft gesehenen Struktur den größten, wissenschaftlichen Stellenwert zuwies. Schon zu seinen frühen, naturphilosophisch geprägten Zeiten legte er die anatomische Struktur als Grundlage aller Thesen aus.⁶⁷⁷ In seinen fortwährenden, mikroskopischen Forschungen begründete sich so der Wandel zu einem rational arbeitenden Wissenschaftler.⁶⁷⁸

Doch nicht nur der systematische Einsatz des Mikroskops war grundlegend für Panders, und somit auch für Döllingers, Erfolg. Auch das zeitliche Intervall, in welchem die Beobachtungen erfolgten, war ausschlaggebend für Panders neue, bahnbrechende Erkenntnisse. Indem er sich darauf festlegte, den kritischen Zeitrahmen der ersten fünf Entwicklungstage mikroskopisch zu erforschen, war es ihm überhaupt erst möglich, die Bildung der Keimhaut und die der Keimblätter zu sehen. In seiner lateinischen Dissertation begründete er in der Darlegung seiner Methodik das Zeitintervall, den Embryo während der ersten fünf Tage zu beobachten. So wurden laut Pander hier alle wesentlichen Schritte der Entwicklung vollzogen wurden.⁶⁷⁹ Basierend auf seinen Beobachtungen formulierte er eine erste Keimblatttheorie, welche die Embryonalentwicklung des

⁶⁷⁶ Schmuck 2010, 61–62: Vgl. hier zu dem Erfolg Döllingers Schüler in der Erforschung der Embryologie, was unter dem Begriff der ‚Döllinger Schule‘ zusammenfasste.

⁶⁷⁷ ARS: Archiv des Rektorats und Senats der Universität Würzburg 418 1804; Wie aus der Bitte Döllingers hervorging, die Vergleichende Anatomie mit der Physiologie zu verbinden, so sah er die Vergleichende Anatomie als Grundlage in der Studie der Struktur „[...] die Wirklichkeit davon aufzuzeigen [...].“

⁶⁷⁸ Gerabek 1995, 331–334.

⁶⁷⁹ Pander 1817b, 12: „*Qua propter etiam non attinebat, ovi incubati descriptionem ultra quintum diem producere. Hoc enim tempore peracto, cum omnium partium fundamenta jacta sint, nihil magnopere meo-maribele fieri cognovimus. Sunt igitur ea, quae hoc loco disputata et precepta sunt, quaeque vera esse observationibus nostris probatum diximus, [...].*“

Huhns in einem neuen, wissenschaftlichen Ansatz erklärte.⁶⁸⁰ Denn der Prozess der Gastrulation ist bereits mit der 18. Stunde abgeschlossen⁶⁸¹ und bis zum fünften Tag haben sich bereits die Anlagen der Organe und die Eihäute geformt.⁶⁸² In eben diesem kritischen Punkt, die Mikroskopie des Hühnerembryos während der ersten fünf Entwicklungstage als Grundlage für seine Studien zu nehmen, liegt die Ursache für den großen Fortschritt, den Pander's Arbeit in der Wissenschaft der Embryologie bewirkte.

Zusammenfassend wird deutlich, dass sowohl Pander als auch Döllinger mit den bestehenden Werken und der hierbei angewandten Methodik zur Erforschung des Hühnerembryos vertraut waren. In seiner über elf Jahre hinaus dauernden Beschäftigung mit embryologischen Forschungsfragen hatte der Würzburger Professor die Gelegenheit, verschiedene Methoden in der Präparation und anschließenden Mikroskopie des Embryos auszuprobieren. Hiervon profitierte Pander deutlich. Die meisten Parallelen in der wissenschaftlichen Methodik zu vorherigen Forschern finden sich hierbei zum italienischen Naturforscher Marcello Malpighi. Dies ist insofern bedeutsam, dass dieser bereits rund 150 Jahre vor Pander's Untersuchungen seine embryologischen Forschungen wissenschaftlich und empirisch mit dem Mikroskop durchgeführt hatte.⁶⁸³ Die Erfolge, die Malpighi zu der damaligen Zeit hiermit schon erzielen konnte, finden sich sehr ausführlich bei Adelman dargestellt.⁶⁸⁴

Trotz der technischen Verbesserung, die Malpighi's Methodik bewirkt hatte, hatte Pander bei seinen Forschungen immer noch mit einigen Problemen zu kämpfen, die sich bei der Präparation und Aufbewahrung der Embryonen ergaben. Die kritischsten Punkte bei Pander's Vorgehensweise zeigen sich deutlich im Vergleich mit der

⁶⁸⁰ Schmuck 2010, 105-106: Schmuck beschrieb hier, wie Pander seine ersten Ansätze zur Keimblatttheorie darlegte.

⁶⁸¹ Bellairs/Osmond 2014, 29–31.

⁶⁸² Ebd., 603–608: S. hier zu allen wesentlichen Entwicklungsschritten von der Bildung des Primitivstreifens bis zum Schlüpfen des Huhns.

⁶⁸³ Adelman 1966a, 829–833.

⁶⁸⁴ Ebd., 819–931.

Methodik, die bei heutigen Untersuchungen am Hühnerembryo angewandt wird. Denn natürlich mangelte es Naturwissenschaftlern des beginnenden 19. Jahrhunderts im Vergleich zu heute an methodischen Möglichkeiten, welche die weiterführenden Forschungen erleichterten. Hierauf beruhend lassen sich wohl einige Schwierigkeiten und daraus resultierende Fehlinterpretationen erklären, die Pander damals sowohl in seiner *„Dissertatio“*⁶⁸⁵ als auch in seinen *„Beiträgen“*⁶⁸⁶ formulierte.

ii. Vergleich der heutigen Methodik mit der Panders

Vergleicht man die Methode Panders mit den heutigen, üblichen Vorbereitungen, die man am Hühnerembryo durchführt, um ihn mikroskopieren zu können, so gibt es verblüffend wenige Unterschiede. Beispielsweise ist eine etablierte Methode, den Keim in der Kulturschale zu betrachten.⁶⁸⁷ Hierzu ist genau die gleiche Technik zu gebrauchen, die auch schon Döllinger und Pander anwandten, nämlich entweder das Blastoderm in sehr frühen Stadien ohne Hilfsmittel von der Dotterhaut zu lösen, oder es in bereits fortgeschrittenen Stadien vorsichtig loszuschneiden.⁶⁸⁸ Auch heute heißt es unter der Rubrik *„Instrumente“*⁶⁸⁹, dass es bloß spezielle Nadeln, Messer und Scheren benötigt, die mikrochirurgisch geeignet sind.⁶⁹⁰

Anschließend wird das Blastoderm auf ein Uhrglas, gefüllt mit Eiweiß, gebracht und mit einem Ring befestigt, sodass man es betrachten und weiterhin inkubieren kann.⁶⁹¹ Heute sind die weiterführenden Möglichkeiten in der Präparation des Embryos weitaus größer. So kann man beispielsweise das Blastoderm auf andere Eier

⁶⁸⁵ Pander 1817b.

⁶⁸⁶ Pander 1817a.

⁶⁸⁷ Bellairs/Osmond 2014, 7–14: Hier findet sich ein Überblick aller heutigen, wissenschaftlichen Methoden zur systematischen Beobachtung des Hühnerembryos.

⁶⁸⁸ Pander 1817b, 14.

⁶⁸⁹ Bellairs/Osmond 2014, 13.

⁶⁹⁰ Ebd.

⁶⁹¹ Ebd., 9.

transplantieren, oder das Blastoderm mit dem Eigelb in einer Kultur anzüchten. Insgesamt ist es möglich, den Embryo bis zu 36 Stunden zu inkubieren und den Entwicklungsprozess in dieser Zeit nachzuvollziehen.⁶⁹² Offensichtlich standen Pander, Döllinger und D'Alton derartige Möglichkeiten, das Blastoderm auf einem geeigneten Medium so lange intakt zu halten, im Jahr 1816 noch nicht zur Verfügung. Auch die Bestimmung und Zuordnung des Entwicklungsalters sind heute weitaus weniger problematisch, als es damals für Christian Heinrich Pander war. Ein sehr beliebtes und genaues Verfahren hierfür stellt die Elektroporation dar, wodurch genetische Marker in die embryonalen Zellen aufgenommen werden. Anschließend kann man deren Expression quantifizieren und so auf das Alter rückschließen, um nur eine Methode zu nennen.⁶⁹³

iii. Methodische Probleme bei der Untersuchung

Die Probleme, auf die Christian Heinrich Pander während seiner Untersuchungen stieß, deuten sich im Vergleich mit der heutigen Methodik bereits an. Auch Karl Ernst von Baer, der die Anfänge von Panders Forschungsprojekt miterlebte, berichtete seinen Freund Waldemar von Ditmar am 20.08.1816 von den ersten Versuchen Panders: *„Mit Panders Arbeit geht es im ganzen recht gut, allein jetzt findet es sich, daß der Schwierigkeiten viel mehr sind, als man Anfangs geglaubt. Die Mühe ist nicht gering, und die Kosten sind sehr groß, denn die Eier werden in zwei Brütmaschinen ausgebrütet, die sehr viel Oel fressen.“*⁶⁹⁴

Eine große Schwierigkeit bestand darin, das Alter des Embryos richtig zu benennen. Denn wenngleich Pander sehr darauf bedacht war, möglichst frische Eier zu verwenden, so war es dennoch schwierig, das Alter des jeweiligen Eis rückblickend genau zu datieren. Wo genau lag also der Anfang der Hühnchenentwicklung und wie genau schritt die Bildung fort? Schließlich war es ja eine Anforderung Panders an seine eigene

⁶⁹² Ebd.

⁶⁹³ Ebd., 8.

⁶⁹⁴ Schröder 1893, 274.

Arbeit, den Entwicklungsprozess von Beginn an fortlaufend zu beobachten.⁶⁹⁵ Pander selbst erwähnte das Problem der Datierung des tatsächlichen Entwicklungsalters markant in der Beschreibung zu den Bildtafeln, die die frühen Stadien des Embryos abbilden: „*Wir müssen hierbei bemerken, daß das Wachstum der Keimhaut, am ersten Tage, fast unter hundert Eyern kaum bei zweien sich gleich ist; [...]*.“⁶⁹⁶

Folglich musste man aufgrund der sichtbaren Strukturen auf das tatsächliche Alter rückschließen. Doch jedes Ei hatte ja bereits eine individuelle Entwicklung durchlaufen, bis es geöffnet wurde. Unmittelbar daraus folgend boten sich Pander beim Öffnen der Eier ganz verschiedene Entwicklungsstadien des Embryos. Da die ersten fünf Tage der Entwicklung bislang chronologisch sortiert nur bei Malpighi abgebildet worden waren,⁶⁹⁷ hatte Pander wenig Anhaltspunkte und absichernde Vergleiche. Daher war es zu Anfang bestimmt sehr schwierig, bloß aufgrund des optischen Vergleichs den Entwicklungszeitpunkt zu bestimmen. Pander räumte diese erschwerenden Umstände selbst in seinem Vorwort zu den Kupfertafeln ein: „*Bei der großen Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, die sich zu gleicher Zeit unsrer Aufmerksamkeit darboten, und bei dem Widerspruche, in welchem sie mit den Angaben früherer Beobachtungen zu stehen schienen, mußten wir bald zu der Einsicht gelangen, daß wir zunächst, unbekümmert um jede physiologische Deutung, nur die Erscheinungen so darzustellen hätten, wie sie sich uns in jedem Augenblicke der Beobachtung zeigten, um, auch ohne im Voraus zu wissen, was die Beobachtung uns in jeglichem Momente schenke, in der Folge nach vielfach wiederholten Untersuchungen und Vergleichen das Bedeutendste herausheben, und die*

⁶⁹⁵ Baer 1866, 200.

⁶⁹⁶ Pander 1817a, 10.

⁶⁹⁷ Adelman 1966a, Plate I, II: Bei Adelman sind alle Bildtafeln Malpighis abgedruckt. In Malpighis zweiter Arbeit zur Hühnerembryologie ist auf der Tafel I der Zeitraum vom frisch gelegten, bis zum 18 Stunden bebrüteten Ei zu sehen. Tafel II zeigt verschiedene Embryonen, welche sich laut Malpighi zwischen der 24. und 36. Entwicklungsstunde befinden

einzelnen Erscheinungen auf frühere schon bekannte Entwicklungsformen zurückzuführen zu können. ⁶⁹⁸

Hier bestätigte Pander den Eindruck, dass vollständige Studieren der Embryonalentwicklung des Huhns nur durch das wiederholte, chronologisch geordnete Untersuchen von bebrüteten Eiern möglich war. Das einzelne Ei betrachtend war es ungewiss, wie weit fortgeschritten die tatsächliche Entwicklung war. Sehr aussagekräftig zeigt sich diese problematische Lücke in Panders Methodik auf Tafel V und in der hierzu gehörigen Beschreibung.⁶⁹⁹ Den Zweck dieser Tafel sah Pander darin, die vielfältigen, verschiedenen Entwicklungsstufen, die er bei der Betrachtung angeblich gleich alter Eier auffand, zu veranschaulichen. So schrieb er: „[...] *um einen künftigen Beobachter über die Mannigfaltigkeit der Formen, unter denen der Embryo auf gleicher Entwicklungsstufe zu erscheinen pflegt, keinen anstößigen Zweifel übrig zu lassen, und bemerken bloß, daß uns noch eine Menge anderer Formen zu Gesicht gekommen sind, die wir der Kürze wegen, zurücklassen mußten.*“⁷⁰⁰ Die anhaltende Irritation, die Pander wohl beim Öffnen angeblich gleich alter Eier durchlebte, um dann völlig verschiedene Stadien aufzufinden, wird hier sehr deutlich.

Wie alt waren die Embryonen, die auf Tafel V abgebildet sind, tatsächlich? Eine Möglichkeit, das Alter des Hühnchens zu bestimmen, ist es, das Wachstum des Amnions zu verfolgen. Auf der Figur VI. erkennt man das Amnion als Kappe, welches sich gerade um die Kopfregion bildet. Dies entspricht ungefähr dem Hamburger und Hamilton Entwicklungsstadium 12, welches sich zwischen der 45 bis 49. Stunde vollzieht.⁷⁰¹ Laut der Klassifikation nach Hamburger und Hamilton wird das Alter des Hühnchens unter anderem daran bestimmt, bis zu welchem Somitenpaar das Amnion reicht.⁷⁰²

⁶⁹⁸ Pander 1817a, 29.

⁶⁹⁹ Pander 1817a, 36: Hier findet sich die Beschreibung zur Tafel und den verschiedenen Figuren.

⁷⁰⁰ Ebd.

⁷⁰¹ Bellairs/Osmond 2014, 604: Im Stadium 12 bedeckt das Amnion die Kopfregion.

⁷⁰² Ebd.: Vgl. hierzu die Beschreibung des Amnions zwischen den Stadien 12 und 18. Ab dem 18. Stadium ist das Amnion um den Embryo geschlossen.

Vergleicht man das fortschreitende Wachstum des Amnions auf den folgenden Figuren VII, VIII und IX, so zeigt sich eindeutig, dass diese bereits weiter fortgeschrittene Stadien darstellen. In Panders IX. Figur reicht es ungefähr bis zum achten Somiten, was somit der 50 bis 53. Entwicklungsstunde und dem entsprechenden Stadium 14 zuzuordnen ist.

Bereits diese kurze Zeitspanne, von einer bis zu acht Stunden, bewirkte erhebliche morphologische Unterschiede für den Beobachter. Dies verdeutlicht, warum heutzutage die Quantifizierung spezieller Marker zur Bestimmung des Alters des Embryos der Zuordnung mit dem bloßen Auge vorgezogen wird.⁷⁰³ Durch die Mannigfaltigkeit der verschiedenen Entwicklungsprozesse kann der Untersucher hier durchaus sehr schnell in die Irre geführt werden. Pander bemängelte die Fehler, die einem hierbei unterlaufen konnten, sehr schön in seiner deutschen Veröffentlichung, indem er Wolffs lateinische Arbeit in zitierte: „*Aber es war keine Überraschung, [...], wie viel im Erforschen und Erkunden der inkubierten Eier den Weg verfehlen konnte. Gleichsame Eier zu untersuchen und sich nicht gleichzeitig zu irren erschien unmöglich*“⁷⁰⁴ Auch Karl Ernst von Baer, der den Anfängen von Panders Forschungen unmittelbar beiwohnte, verlor bald die Geduld, da die Fortschritte spärlich und nur langsam zu verzeichnen waren: „*Die Untersuchungen gaben im Anfange sehr wenig positive Resultate, da ja jeder frühere Zustand erst durch einen spätem verständlich wird, sowie dieser durch einen noch spätem. Die Ergebnisse müsstest schneller gekommen seyn, wenn man sich gleich Anfangs entschlossen hätte, rückwärts zu untersuchen, wie es bei jedem Werden, dessen Resultat uns bekannt ist, zweckmässig wäre. Allein weil man den Vorgang vom ersten Beginne fortgehend verstehen will, wählt man fast immer auch diesen Gang der Untersuchung.*

⁷⁰³ Ebd., 8: Vgl. zu der heutigen Methode den Abschnitt ‚*Labelling Techniques*‘.

⁷⁰⁴ Pander 1817a, 20; Frei aus dem Lateinischen übersetzt: „*Sed mirum non est, quantum, [...], in scrutandis et eruendis ovis incubatis quis decipi possit; quasi ova scrutare et non simul errare impossibile sit.*“

*Da im Anfange die Resultate nicht nur langsam kamen, sondern sich nur auf Vermutungen beschränkten, gab ich meine Theilnahme bald auf.*⁷⁰⁵

Neben der unsicheren Frage nach dem wahren Entwicklungsalter der Embryonen gab es noch ein weiteres, großes, logistisches Problem, nämlich die langfristige Aufbewahrung der Eier, wenn diese einmal geöffnet waren. Denn aufgrund der mangelnden Möglichkeiten, das einmal präparierte Blastoderm langfristig zu inkubieren, war es unmöglich, den einzelnen Embryo für kontinuierliche Untersuchungen zu verwenden. Das losgelöste Blastoderm wurde direkt unter dem Mikroskop so lange betrachtet, bis der Embryo aufgrund der ungeeigneten Umgebung abstarb. Daher war es nötig, wiederholt neue Eier zu öffnen, in der Hoffnung im nächsten Ei vielleicht ein älteres Stadium zu finden und die Lücken im beobachteten Entwicklungsprozess, die auf diese Weise zwangsläufig entstanden, nach und nach zu füllen. Hieraus erklärt sich, warum es nötig war, an die 2000 Eier zu untersuchen, um den gesamten Entwicklungsprozess darzustellen.

Doch Pander blieb beharrlich, sodass er rund ein Jahr später im September 1817 schließlich,⁷⁰⁶ seine neuen Ergebnisse erstmalig in seiner ‚*Dissertatio*‘ veröffentlichen konnte. Hierauf folgte seine deutsche Veröffentlichung, die ‚*Beiträge*‘.⁷⁰⁷ Wie Pander seine Arbeit aufbaute, wie D’Alton die gesehenen Stadien künstlerisch umsetzte und zu welchem Ergebnis der junge Embryologieforscher letztendlich gelangte, soll anschließend dargelegt werden.

⁷⁰⁵ Baer 1866, 200–201.

⁷⁰⁶ Pander 1817a, IV: Das Vorwort zu Panders deutscher Veröffentlichung ist auf den 15. September 1817, in Würzburg am Rückermain, datiert.

⁷⁰⁷ Ebd.

III. Dissertation

1. Analyse des wissenschaftlichen Aufbaus

Pander hielt seine Studien zum Hühnerembryo zunächst in seiner ‚*Dissertatio*‘ fest. Danach veröffentlichte er in einem weiteren Werk, den ‚*Beiträgen*‘, seine neu gewonnenen Erkenntnisse in deutscher Sprache. Daher gilt es, beide Arbeiten auf ihren wissenschaftlichen Aufbau zu untersuchen.⁷⁰⁸ Hierbei soll zuerst die lateinische Arbeit Panders betrachtet werden, da dies die ursprüngliche Form seiner Dissertation war.

a. Aufbau der lateinischen Dissertation

Die Arbeit des jungen Embryologieforschers beginnt mit einer Danksagung an seinen betreuenden Professor Ignaz Döllinger, dessen herausragendes Wohlwollen er herausstellte, sowie er ihm dankte, dass er bei ihm zuhause wohnen und all seine Instrumente nutzen durfte. Auch erwähnte er, wie der Künstler Joseph Eduard D’Alton dazu stieß und dankte diesem ebenso.⁷⁰⁹ Danach legte er seine Motivation und die Arbeitsweise, die er verfolgte, dar. Auch das Ziel der Untersuchung, einzelne Entwicklungsstadien des Embryos bis zum fünften Tag nachzuvollziehen formulierte er, unter der Berücksichtigung der Unvollständigkeit dieser Methode. Bei der Beschreibung der Untersuchung der bebrüteten Eier verwies er auf mögliche Fehler und Trugschlüsse, die dem Untersucher dabei unterlaufen konnten.⁷¹⁰

Im nächsten Absatz legte er seine angewandte Methodik ausführlicher dar, auf welche Weise er den Hühnerembryo präparierte und mikroskopierte. Wie genau Pander dabei vorging, ist vorab erläutert worden.⁷¹¹ Abschließend benannte er die Arbeiten, auf die sich seine Dissertation berief. Hierbei nannte er die Werke Marcello Malpighi,

⁷⁰⁸ Schmuck 2010, 100–107: Ein kurzer Vergleich zwischen der lateinischen und der deutschen Verfassung findet sich hier, sowie der Inhalt der deutschsprachigen Veröffentlichung hier anschließend eingehend diskutiert wird.

⁷⁰⁹ Pander 1817b, 1–6.

⁷¹⁰ Ebd., 7–13.

⁷¹¹ Ebd., 13–15.

gefolgt von Albrecht von Haller, Caspar Friedrich Wolff, Lazzaro Spallanzani (1729-1799)⁷¹² und zuletzt vom „[...] vortrefflichsten Mann [...]“⁷¹³ Ludwig Sebastian Marie von Tredern de Lezerec.⁷¹⁴

Erst nach diesen einleitenden Worten Panders begann die eigentliche, wissenschaftliche Arbeit. Sie war nach dem chronologischen Alters des Hühnchens aufgebaut.⁷¹⁵ Hierbei umfasste die Untersuchungsdauer die ersten 48 Stunden und die folgenden fünf Tage des Entwicklungsprozesses.^{716, 717} Diese gliederte Pander in insgesamt 13 Zeitabschnitte, wobei der letzte Abschnitt den fünften Tag beinhaltete.⁷¹⁸ Eine Einteilung einer embryologischen Forschungsarbeit in Zeitspannen ist auch heute noch als sehr sinnvoll zu erachten, da bereits ein Unterschied von einer bis hin zu acht Stunden, gerade zu Beginn, ein großes Fortschreiten der Entwicklung bewirkt. So ist auch die aktuell gängige Einteilung der Embryonalentwicklung des Huhns nach Hamburger und Hamilton nach Zeitspannen gegliedert, in welcher sich bestimmte Entwicklungsschritte vollziehen.⁷¹⁹ Zuvorderst konzentrierte sich Pander auf die Beschreibung dessen, was er sah.⁷²⁰ So beschrieb er zu Beginn jedes Kapitels den beobachteten Zustand und fuhr erst anschließend damit fort, den zwischenzeitlich stattgehabten Entwicklungsprozess darzustellen.⁷²¹ Dabei flocht er seine eigenen, neuen Benennungen der Strukturen mit in den

⁷¹² Dröscher 2001, 79–94: Lazzaro Spallanzani war ein vielseitig interessierter, italienischer Naturforscher, der bei seinen Studien ebenso das Mikroskop systematisch einsetzte. Neben entwicklungsgeschichtlichen Fragestellungen beschäftigte er sich auch mit Physiologie. Beispielsweise untersuchte er das Herzkreislaufsystem in seinem Werk ‚*Dell'azione del cuore ne' vasi sanguigni*‘ (Leipzig, 1769)

⁷¹³ Pander 1817b, 17, frei übersetzt

⁷¹⁴ Ebd., 15–17.

⁷¹⁵ Schmuck 2010, 101: Vgl. zum Aufbau der lateinischen Dissertation auch Schmucks Analyse.

⁷¹⁶ Ebd.

⁷¹⁷ Pander 1817b, 12.

⁷¹⁸ Ebd., 66–69.

⁷¹⁹ Bellairs/Osmond 2014, 603–621: Eine Übersicht über die gesamte Einteilung der Embryonalentwicklung des Huhns findet sich hier.

⁷²⁰ Schmuck 2010, 101.

⁷²¹ Pander 1817b, 46: Als Beleg hierfür dient beispielsweise Panders Beschreibung des Embryos zu Beginn des dritten Tages, wo er zunächst das Blastoderm, die Area pellucida, die Halonen und das Gefäßnetz beschrieb; S. dazu weiterhin: Beginn des vierten Tages, 59.

Text ein. Bei bestimmten Organstrukturen fügte er, zusätzlich zu seinen eigenen Beobachtungen, Vergleiche mit bestehenden Werken ein und wertete dies als zutreffend oder fehlerhaft. Ausführlich erwähnte er in Fußnoten die Erkenntnisse früherer Autoren beispielsweise bei der Gefäßbildung,⁷²² oder bei der Bildung der Allantois. Pander verkannte die Allantois allerdings als Chorion, da er davon ausging, dass Vögel keine Allantois besitzen. Interessant ist hierbei seine Anmerkung, in welcher er sich neben Haller und Tiedemann auf Oken bezieht, welcher diese Struktur bereits richtig als Allantois erkannt hatte.⁷²³ Allerdings wertete Pander die Darstellung aller drei Autoren nicht, sondern gab sie nur wörtlich wieder.

Im Sinne guter wissenschaftlicher Praxis hatte Pander also alle geforderten Punkte erfüllt. Er hatte seine Methodik und Quellen, auf welche er sich berief, präzise eingeführt.⁷²⁴ Dennoch mangelte es dem Hauptteil an logischem Aufbau im Sinne einer Gliederung, nach der er seine Beschreibung, seine neuen Erkenntnisse, angebrachte Vergleiche und die hieraus gezogene Wertung ordnete. Denn da Pander so viele Vergleiche mit Primärquellen durch sein gesamtes Werk hinweg anbrachte, wäre es besser gewesen, dies in einer Diskussion seines eigenen Ergebnisses abschließend durchzuführen.

Dies erscheint umso wichtiger, da es zu Panders Zeit bereits viele, verschiedene Untersuchungen zum Hühnerembryo gab, ohne dass es jemals besonders herausgestellt worden wäre, wo die wesentlichen Unterschiede in den bereits fertiggestellten Untersuchungen lagen. Da der Streit zwischen den Vertretern der Epigenese und Präformation

⁷²² Pander 1817b, 47-50: Beispielsweise beschrieb Pander hier die Area vasculosa und merkte in einer Fußnote an, dass Spallanzani der Einzige gewesen war, der „[...] diese Arterien richtig erkannt hatte“ (aus dem Lateinischen übersetzt). Anschließend brachte er noch Tiedemanns und Okens Beschreibung der Area vasculosa an.

⁷²³ Ebd., 67: „Die Flüssigkeit in diesem Bläschen und seine Haut, welche sich bis zu Cloake hohl fortsetzt, deuten an, daß diese Blase die Allantois ist (nicht das Corion der Säugethiere), und jener Kanal der Urachus, und die Cloake die Harnblase. – Die Nabelgefäße sind demnach Allantoisgefäße.“

⁷²⁴ Ebd., 7–17: Dies führte Pander in seiner ‚Introductio‘ an.

im Vordergrund stand, fehlte es an einem objektiven Vergleich, die Beschreibungen der Entwicklungsprozesse bei verschiedenen Autoren an sich betrachtend. Da Pander diese Vergleiche zwar zog und bewertete, aber nur verstreut und unsystematisch einbrachte, konnten dem Leser fundamentale Schlussfolgerungen entgehen. Als gutes Beispiel hierfür dient der dritte Tag,⁷²⁵ da Pander hier den Embryonalkreislauf eingehend untersuchte. In der folgenden Beschreibung des Blutkreislaufs waren mehr Fußnoten angebracht, in denen Pander bereits bestehende Modelle des Kreislaufs anbrachte und bewertete, als sich eigentlicher Text fand.⁷²⁶ Wer hier nicht äußerst aufmerksam liest, dem kann die Schlussfolgerung, die Pander zog, leicht entgehen. Denn bereits zu Beginn seiner Beschreibung bezeichnete er eine wichtige, anatomische Struktur, im Vergleich zu all seinen Vorgängern, anders und hiermit korrekt. Sehr akkurat erkannte er, dass der begrenzende Raum des Embryonalkreislaufs offen mündete und daher als ‚*Sinus Terminalis*‘ und nicht, wie bisher angenommen als ‚*Vena Terminalis*‘ bezeichnet werden musste.⁷²⁷

Durch die Herangehensweise, die Stadien der Bildung des Hühnchens im Ei chronologisch zu beschreiben, war es natürlich schwierig, dabei gemachte, neue Erkenntnisse entsprechend hervorzuheben. Daher baute er seine deutschsprachige Veröffentlichung anders auf. Hierbei konzentrierte er sich auf die Darstellung seiner Ergebnisse.

b. Aufbau der deutschsprachigen Veröffentlichung

Strukturierte Pander seine lateinische Arbeit noch streng nach chronologischer Reihenfolge, so fokussierte er sich in seiner deutschsprachigen Veröffentlichung auf die Gliederung des Textes nach den verschiedenen Organsystemen, wobei jeder Abschnitt der Erläuterung des jeweiligen Organs gewidmet war.⁷²⁸ Auch diese Arbeit wurde durch

⁷²⁵ Pander 1817b, 47–59: Hier beschrieb Pander die Herzentwicklung und die Gefäßentwicklung

⁷²⁶ Ebd., 48–56.

⁷²⁷ Bäumer-Schleinkofer 1993, 222.

⁷²⁸ Schmuck 2010, 101–102.

ein Vorwort eingeleitet, in der er auf den Unterschied des Aufbaus seiner beiden Arbeiten aufmerksam machte. Außerdem betonte Pander, dass seine Darstellung der Entwicklung des Hühnchens aktuell noch unvollständig sei.⁷²⁹

Betrachten wir zunächst den Hauptteil der Veröffentlichung, in welchem Pander die Ergebnisse seiner Studien, dem jeweiligen Organ untergeordnet, erläuterte. Insgesamt umfasst sie in den folgenden Seiten 17 Abschnitte und enthält im Anhang die zehnummerierten Kupfertafeln, sowie eine nicht nummerierte Tafel der Durchschnitte, die allesamt der Künstler Joseph Eduard D’Alton anfertigte.⁷³⁰

Zuerst besprach er die Bildung der Keimhaut, was die Grundlage für sein revolutionäres Modell war, die Entwicklung des Embryos aus einer blattförmigen Anlage zu erklären.⁷³¹ Insgesamt benannte er drei Schichten, aus welchen die jeweiligen Organe sich durch „*Falten und Umschlagen*“⁷³² bildeten.⁷³³ In den folgenden Paragraphen erläuterte er die Bildung der verschiedenen Organsysteme, hierunter die Entstehung des Zentralen Nervensystems,⁷³⁴ der Blutbildung,⁷³⁵ der Herzentwicklung⁷³⁶ der Gefäßbildung und des Kreislaufs,⁷³⁷ sowie die Entwicklung des Gastrointestinaltrakt.⁷³⁸ Der letzte Abschnitt schließlich befasst sich mit der Bildung der Eihäute.⁷³⁹ Die Details hier darzustellen, würde zu weit führen, da man dies jederzeit in Panders deutschsprachiger Veröffentlichung nachlesen kann. Stattdessen sollen seine markanten Erkenntnisse abschließend bei der Analyse seiner Ergebnisse dargestellt werden.

⁷²⁹ Pander 1817a, 3–4.

⁷³⁰ Ebd.

⁷³¹ Schmuck 2010, 105–108.

⁷³² Pander 1817a, 7.

⁷³³ Schmuck 2010, 105.

⁷³⁴ Pander 1817a, 10.

⁷³⁵ Ebd., 13–15.

⁷³⁶ Ebd., 17–20.

⁷³⁷ Ebd., 18–21.

⁷³⁸ Ebd., 21–23.

⁷³⁹ Ebd., 25–26.

Seinem Anspruch, in seiner deutschen Veröffentlichung die vollständige Entwicklung des Hühnchens während der ersten fünf Tage nachvollziehbar zu beschreiben,⁷⁴⁰ wurde Pander in seinem Hauptteil nur unzureichend gerecht. An vielen Stellen würde sich der Leser eine ausführlichere Darstellung der nur oberflächlich dargestellten Organogenese wünschen. Unter anderem ist auch seine Beschreibung der Bildung der Kopfscheide, des Vorderdarms und des primitiven Herzschauchs überhaupt nicht differenziert ausgestaltet und ohne ein Bild vor Augen ist es dem Leser unmöglich, Panders Text hier zu folgen. Dies ist ein zentrales Manko Panders Arbeit, welches später noch ausführlicher analysiert werden soll.⁷⁴¹ Ein weiterer Beleg für Panders oberflächliche Arbeitsweise findet sich in seiner Beschreibung des Neuralrohrs, dessen Bildung er sicher nicht erfasst hatte und der Hirnentwicklung. Vorab muss gesagt werden, dass Pander die Abfaltung des Neuralrohrs noch nicht verstand, sondern immer nur von Primitivfalten sprach, die sich schlossen. Von der Beschreibung der Primitivfalten ging er direkt zum Schluss des Neuralrohrs über, die weitere Hirnentwicklung beleuchtete er überhaupt nicht.⁷⁴² „Nicht so schnell vereinigen sich die beiden Falten [gemeint sind die Primitivfalten] oben und unten ; nach unten gehen sie unter einem spitzen Winkel aus einander, [...] auch oben weichen sie auch unter einem scharfen Winkel von einander ab, laufen aber, bis zum sichelförmigen Umschlage getrennt, neben einander, krümmen sich wellenförmig, und indem ihre Ränder [...] gerade in die Höhe gerichtet sind, entsteht zwischen ihnen eine Reihe von drei bis vier gegen das Kopf-Ende an Größe zunehmenden Räumen oder Zellen [...]. Malpighi und seine Nachfolger nennen diese rundlichen Räume geradezu die Hirnblasen, allein in ihnen entwickelt sich erst das Gehirn.“⁷⁴³ Hiermit endet auch Panders Beschreibung des Gehirns.

⁷⁴⁰ Pander 1817a, III.

⁷⁴¹ Ebd., 12–13.

⁷⁴² Ebd., 8–10.

⁷⁴³ Ebd., 10.

Auch Adelman, der sich äußerst intensiv mit der Embryologieforschung des 17. Jahrhunderts bis zum 19. Jahrhundert beschäftigte, kam zu dem Schluss, dass Panders ‚*Beiträge*‘ ohne die Kupfertafeln an vielen Stellen völlig unverständlich geblieben wären.⁷⁴⁴ Dies spiegelt sich unmittelbar in der Reaktion seines wissenschaftlichen Kollegen Lorenz Oken wider, welcher in einer Rezension Panders Arbeit immer wieder darauf zurückkam, dass er die Ausführungen in Panders ‚*Dissertatio*‘ nicht verstand.⁷⁴⁵ Inwiefern Panders Beschreibung einzelner Organsysteme als nicht ausführlich genug zu werten sind und worin sich die schwere Verständlichkeit seiner beiden Werke begründete, soll ebenfalls unter der Analyse seines Ergebnisses diskutiert werden.

Da die übersichtliche Erläuterung seiner Ergebnisse im Vordergrund stand, verzichtete er größtenteils auf die Diskussion anhand von Primärquellen. Die Verweise auf bestehende, herausragende, embryologische Werke nutzte er vorrangig zur Ergänzung seiner eigenen Arbeit.⁷⁴⁶ Es wäre wünschenswert gewesen, dass Pander die Unterschiede seiner eigenen Ergebnisse übersichtlicher im Vergleich zu den Arbeiten seiner zahlreichen Vorgänger hervorgehoben hätte. Doch leider fehlt dies in beiden Veröffentlichungen, sodass auf die einschlägigen Unterschiede bei der Erörterung von Panders Ergebnissen eingegangen werden soll.

Untermuert wird Panders Beschreibung durch elf präzise angefertigte Kupfertafeln, die er lediglich der deutschen Veröffentlichung ‚*Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Hühnchens im Eye*‘⁷⁴⁷ beifügte. Da diese einen großen Teil seiner Arbeit ausmachen, sollen sie im nächsten Abschnitt untersucht werden.

⁷⁴⁴ Adelman 1966b, 1429.

⁷⁴⁵ Oken 1817, 1539: Oken schloss seine Beschreibung, indem er feststellte, dass er Panders Arbeit so wirklich nicht verstehen konnte.

⁷⁴⁶ Pander 1817a, 18: Beispielsweise verwies er bei der Herzentwicklung auf Malpighis und Hallers Arbeiten.

⁷⁴⁷ Ebd.

2. Bildtafeln mit zugehöriger Beschriftung

Die angehängten Kupfertafeln wurden mit einem eigenen Vorwort eingeleitet. Hier verwies Pander explizit darauf, dass er sich in erster Linie bemüht hatte, den naturgetreuen Entwicklungsprozess darzustellen und keine „*mögliche physiologische Deutung*“⁷⁴⁸, im Sinne von neuen, entwicklungsgeschichtlichen Thesen, anzubringen. Dies sei späteren Überlegungen vorbehalten. Daraufhin findet man, geordnet nach Tafeln und Figuren, die Erläuterungen der Abbildungen.⁷⁴⁹

Schon Döllinger hatte, bevor Pander überhaupt mit seiner Arbeit begann, geplant, die Beobachtungen nicht nur schriftlich, sondern auch anschaulich anhand von Kupfertafeln darzustellen.⁷⁵⁰ Dies war auch durchaus sinnvoll, denn zusammengenommen mit den Abbildungen konnte man sich die beschriebenen, morphologischen Veränderungen sehr viel besser vorstellen. Auch Karl Ernst von Baer berichtete begeistert von dem Vorhaben,⁷⁵¹ der Untersuchung der Entwicklung des Hühnchens im Ei Kupferstiche beizulegen: „*Dieses ist nun zwar schon oft genug untersucht, man ist aber zum Theil von vorgefaßten Ideen ausgegangen, namentlich in der tollen Evolutionstheorie [zu Baers Zeit synonym zur Präformationstheorie], [...] Kupfer hat aber außer Malpighi im 17. Jahrhundert niemand über diesen Gegenstand herausgegeben. Es ist aber ohne Kupfer die ganze Sache dem Leser kaum verständlich. Jetzt hat sich nun Pander entschlossen, die Entwicklungsgeschichte des bebrüteten Eis zu untersuchen und mit Kupfern herauszugeben [...]*“⁷⁵² Analog zu wissenschaftlichen Werk Malpighis über den Hühnerembryo,⁷⁵³ maß Döllinger, und so unmittelbar hieraus folgend, auch sein Schüler Pander, der präzisen Darstellung der mikroskopischen Studien einen hohen,

⁷⁴⁸ Pander 1817a, 29.

⁷⁴⁹ Ebd., 29–30.

⁷⁵⁰ Baer 1866, 191–192.

⁷⁵¹ Rajkov 1968, 18: Vgl. hierzu auch Rajkovs Schilderung zu Baers Anteilnahme.

⁷⁵² Schröder 1893, 271.

⁷⁵³ Adelman 1966a, 833–843: Malpighi stellte die reine, mikroskopische Beobachtung des Embryos eindeutig als vorrangig vor der Bildung philosophischer Thesen zur Entwicklungsgeschichte heraus.

wissenschaftlichen Stellenwert zu. Diese grundlegende Technik, welche auf dem rationalen Einsatz des Mikroskops beruhte, gedachte Döllinger auch an seine Schüler, insbesondere an Pander, weiterzugeben.⁷⁵⁴ Die objektive Naturbetrachtung stand also bei Malpighi, Döllinger und Pander im Vordergrund.

Obwohl D'Alton sich vorher noch nicht mit entwicklungsbiologischen Themen auseinandergesetzt hatte, war sein künstlerisches Auge so herausragend genau geschult, dass er präzise Stiche zu Panders beschriebenen Entwicklungsvorgängen anfertigte. In der Gesamtschau Panders Arbeit, und eben im Vergleich mit den davor veröffentlichten Arbeiten von Wolff und Haller, findet sich eine herausragende Bedeutung in eben diesen Tafeln. Sie tragen maßgeblich dazu bei, Panders Anspruch, die Entwicklung ganzheitlich und verständlich darzustellen, zu untermauern.⁷⁵⁵

a. D'Altons Anfertigung der Zeichnungen und Kupferstiche

Wie bereits dargestellt, erfolgte das Bebrüten und das unmittelbare Mikroskopieren nach dem Öffnen der Eier auf dem Gut des Botanikers Nees in Sickershausen.⁷⁵⁶ Wo, und vor allem wann, fertigte D'Alton aber die Kupferstiche an? Es ist anzunehmen, dass der Künstler hierbei seine Arbeit in zwei wesentlichen Schritten vollzog, wie sich aus dem Briefwechsel zwischen Nees und Baer schließen lässt.⁷⁵⁷ Nees schrieb am 09. März 1817 von Sickershausen an Baer, der bereits nach Königsberg als Prosector berufen worden war, folgendes über D'Altons Tafeln: „*Von Herrn Panders Tafeln habe ich nun 2. Proben gesehen. Er schickte mir von der einen ein Exempl[ar]. Der Stich ist sehr zart, und strebt nach dem Ausdruck des Eyartigen. Ich weiß mich nicht rühmender*

⁷⁵⁴ Gerabek 1995, 332–333: Vgl. hierzu auch den Schluss, den Gerabek aus Döllingers Forschungs- und Lehrtätigkeit über seine Würzburger Jahre hinweg, zieht. Hierbei rückten naturphilosophische Motive immer mehr in den Hintergrund, während Döllinger den empirischen, mikroskopischen Forschungen einen herausragenden Stellenwert für seine folgenden Forschungen zuschrieb.

⁷⁵⁵ Adelman 1966b, 1429.

⁷⁵⁶ Riha 2012, 31.

⁷⁵⁷ Ebd., 57–60.

darüber auszudrücken. Jetzt sind's 14 Tage, als ich in Würzb[urg] war.“ Hieraus lässt sich schließen, dass die Kupferstiche zu einem anderen Zeitpunkt und an einem anderen Ort angefertigt wurden, als zu der Zeit des Ausbrütens in Sickershausen.

Viel mehr fertigte D'Alton vermutlich während Panders Studien erste Zeichnungen und Skizzen an,⁷⁵⁸ die er nach Abschluss der Forschungen in Kupfer stach. Diesen zweiten Schritt vollzog er in Würzburg, wahrscheinlich im gemeinsamen Basispunkt der Forschungsgemeinschaft,⁷⁵⁹ in Döllingers Wohnung am Rückermain. Dies ist auch unter dem Gesichtspunkt, dass das Herstellen eines Kupferstiches langwierig und zeitaufwendig ist, plausibel. Diese aufwendige Arbeit noch während der ersten Untersuchungen zu beginnen, als noch gar nicht klar war, wohin die Ergebnisse führen würden und welche Stadien markant hervorgehoben werden sollten, ist nicht schlüssig. Insgesamt gesehen fertigte D'Alton seine Kupferstiche in Würzburg,⁷⁶⁰ nach dem Abschluss Panders mikroskopischer Forschungen in Sickershausen,⁷⁶¹ an.

Wie D'Alton arbeitete, während Pander seine Studien durchführte, können wir nur mutmaßen. Die Vorstellung, dass Pander ins Mikroskop schaute und D'Alton unter dessen Anleitung unmittelbar seine Zeichnungen anfertigte, reicht hierbei wohl nicht aus. Dafür sind auf den Kupfertafeln zu viele Strukturen zu sehen, die Pander überhaupt nicht beschrieb.⁷⁶²

⁷⁵⁸ Ebd., 31: Wie bereits dargestellt, bebrütete und mikroskopierte Pander die Eier auf dem Gut in Sickershausen, weshalb es für D'Alton keine andere Möglichkeit gegeben haben muss, als eben dort erste Eindrücke über die Embryonalentwicklung des Huhns zu erhalten.

⁷⁵⁹ Mettenleiter 2001, 417–419: S. hier für eine Beschreibung der Art und Weise, wie Döllinger gemeinsam mit seinen Studenten in seiner Würzburger Wohnung forschte.

⁷⁶⁰ Riha 2012, 57: im März 1817

⁷⁶¹ Ebd., 71: Am 30. Juni 1817, also rund drei Monate später, schrieb Nees an Baer: „Pander wird Ihnen von seinem Doktorschmause etc gesagt haben. Wir waren sehr vergnügt und nachmals auf dem Schwabenberg [Schwanberg], wo wir die Johannismacht feyerten. [...] Wir sehen nun Panders Dissertation entgegen. Ich habe Ihnen, glaube ich, schon geschrieben, wie ich sein Fortschreiten anerkenne und seinen Charakter lieben gelernt habe.“

⁷⁶² Churchill 1991, 4–5: Vgl. hier zur Darstellung der Diskrepanz zwischen den dargestellten Details auf den Kupfertafeln und Panders zugehörigen Beschreibungen.

Man muss bedenken, dass sich der Künstler Joesph Eduard D'Alton, bevor er zum Arbeitskreis Panders und Döllingers stieß, noch nie mit der embryologischen Entwicklung des Huhns auseinandergesetzt hatte.⁷⁶³ Pander hingegen, unter der Anleitung von Döllinger, sah sich vor der Herausforderung, dem Künstler das Gesehene so zu erklären, dass dieser die Abbildungen ergänzend hierzu zeichnen konnte. Pander selbst verfasste die Erläuterungen zu den mikroskopischen Beobachtungen. Bei der genauen Betrachtung fallen hierbei allerdings einige Diskrepanzen auf. Die Erläuterung der Abbildungen von Pander deckte nur teilweise die von D'Alton dargestellten Details ab.⁷⁶⁴ So war es kaum möglich, dass D'Alton, nur auf den bloßen Beschreibungen Panders basierend, derart genaue Abbildungen verfasste.⁷⁶⁵ Dies erweckt den Eindruck, dass der Kupferstecher selbst, neben dem Hauptuntersucher Pander, mikroskopierte. Welch naturgetreue Abbildungen seiner Beobachtungen der äußerst talentierte Künstler zu Panders Dissertation beitrug, kann nur bewundert werden, insbesondere weil D'Alton sich völlig neu mit embryologischer Forschung befasste.

Umso frappierender fällt hierdurch aber die Differenz zwischen D'Altons beigelegten Kupferstichen und Panders Beschreibung auf. Der Unterschied zwischen der Genauigkeit der Beschreibung und der Genauigkeit der Abbildungen ist laut Churchill allerdings nicht darin zu begründen, dass D'Alton die komplexen Entwicklungsvorgänge besser nachvollzogen hatte, als Christian Heinrich Pander selbst.⁷⁶⁶ Vielmehr ist der Grund in D'Altons herausragenden künstlerischen Talent zu suchen, naturgetreue und detailreiche Zeichnungen anzufertigen. Folglich lieferte der Künstler, aufgrund seines geschulten Blicks, zwar eben diese genaue Darstellung von Strukturen, die aber in Panders Erläuterungen keine Erwähnung fanden, da weder der Kupferstecher, noch der

⁷⁶³ Baer 1866, 197.

⁷⁶⁴ Churchill 1991, 3.

⁷⁶⁵ Ebd., 4: Churchill lobt hier explizit die Genauigkeit D'Altons graphischer Darstellung der Kopfentwicklung, der Extremitätenanlagen und der Herzentwicklung, wobei D'Alton den Vorhofs, den Ventrikels, die drei Aortenbögen und die Entwicklung des Sinus venosus darstellte.

⁷⁶⁶ Ebd., 4–5.

Forscher selbst, zu dem damaligen Zeitpunkt die Bedeutung jener Strukturen verstanden hatten.⁷⁶⁷ Besonders auffällig zeigt sich dies in der Darstellung der Hirnentwicklung,⁷⁶⁸ die Pander nur grob beschrieb. Für den embryologisch geschulten Betrachter fällt hier, insbesondere bei der Betrachtung der Figur III der Tafel VI, die eigentlich das Gefäßnetz des Embryos darstellen soll,⁷⁶⁹ auf, dass hier bei Weitem mehr Strukturen abgebildet sind, als sich der Beschreibung entnehmen lassen. Diese Unterschiede zwischen den dargestellten Strukturen und der tatsächlichen Beschreibung aufzuarbeiten ist von sehr großer Bedeutung, um die Reichweite Panders Verständnisses der Embryonalentwicklung nachzuvollziehen.

b. Analyse der Bildtafeln: Inhalt, Vergrößerungsfähigkeit und Vergleich der Beschreibungen Panders mit tatsächlich sichtbaren Strukturen

D'Altons Kupferstiche sollten Panders mikroskopische Beobachtungen wiedergeben. Daher ist es durch die Analyse der verschiedenen Figuren möglich, auf die Vergrößerungsfähigkeit, auf die Genauigkeit der gemachten Beobachtungen und auf den tatsächlich abgebildeten Entwicklungszeitpunkt aus heutiger Sicht zu schließen. Dies dient vor allem dazu, Möglichkeiten, Grenzen und den Stand der embryologischen Forschungen bei Pander zu verdeutlichen. Dies soll exemplarisch an markanten, ausgewählten Figuren erläutert werden. Die Bildtafeln, die nur den *Beiträgen*⁷⁷⁰ beigelegt waren, umfassten insgesamt zehn nummerierte Tafeln, darunter die Tafel der Durchschnitte, und eine nicht nummerierte Tafel. Vorab fügte Pander eine Erläuterung seiner Abbildungen bei.⁷⁷¹ Ohne die Abbildungen wäre es dem Leser vermutlich schwer

⁷⁶⁷ Ebd., 5.

⁷⁶⁸ Ebd., 5: D'Altons Zeichnungen wiederum umfassen hier bereits die Darstellung des Großhirns, Zwischenhirns und des Mittelhirns, was einer Einteilung der Hirnanatomie entspricht, die damals sicher keiner des Arbeitskreises in der Hirnentwicklung des Hühnchens erkannte.

⁷⁶⁹ Pander 1817a, 37: S. hier die Beschreibung Panders zur Tafel VI. Die Tafeln wurden ohne Seitennummerierung beigelegt.

⁷⁷⁰ Ebd.

⁷⁷¹ Ebd., 22–42.

verständlich gewesen, sich aufgrund Panders knapp gefasster und teils unspezifisch formulierter Beschreibung die Entwicklungsprozesse korrekt vorzustellen.⁷⁷²

i. Tafel I

Die erste Bildtafel gibt eine Übersicht über die frühen Entwicklungsstadien des Embryos. Der gewählte Beobachtungszeitraum reicht von einem unbebrüteten Ei bis zu einem 16 Stunden lang bebrüteten Ei laut Panders Datierung. Über die gewählte Vergrößerungsfähigkeit lässt sich hier nur mutmaßen, da kein Maßstab angegeben ist. Zum Gebrauch des Mikroskops während der frühen Stunden der Embryonalentwicklung, in welcher sich die dreiblättrige Keimscheibe überhaupt erst bildet, schrieb er: „*Eine starke Vergrößerung leistet hier gar keine Dienste, da noch im ganzen Keimhof die Keimhaut überall sich gleich ist.*“⁷⁷³ Vergleicht man die Figuren der Tafel I mit den angegebenen Referenzgrößen der Tafel III,⁷⁷⁴ so ist am ehesten davon auszugehen, dass Pander auf Tafel I die Embryonen im naturgetreuen Maßstab wiedergab.

⁷⁷² Adelman 1966b, 1429.

⁷⁷³ Pander 1817a, 9.

⁷⁷⁴ Ebd., Tafel III.

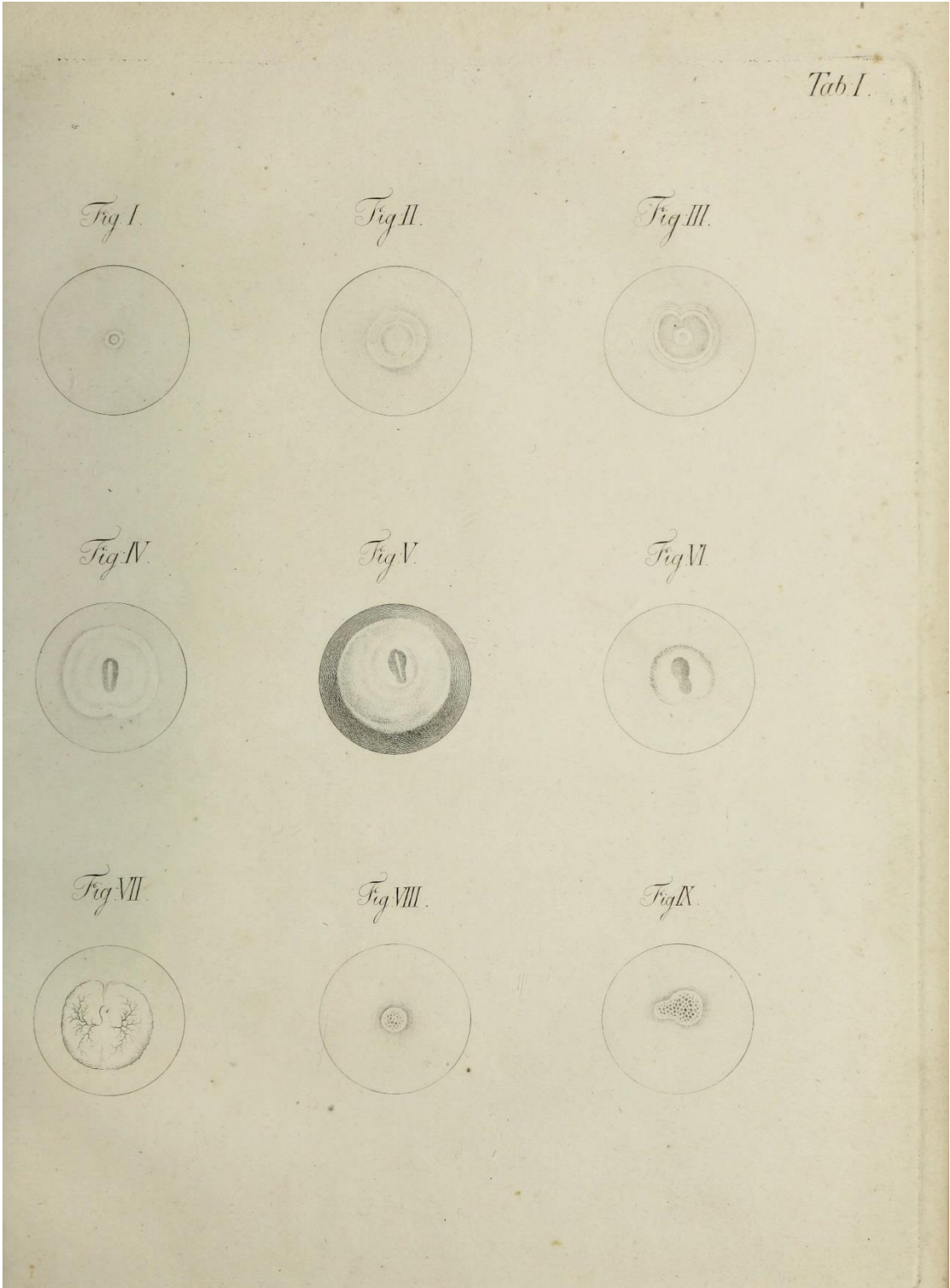


Abbildung 1: Tafel I

Quelle: <https://wellcomelibrary.org/item/b28743969#?c=0&m=0&s=0&cv=54&z=1.0916%2C-0.1165%2C2.9361%2C1.4856>; abgerufen am 10.06.2019.

Die erste Figur zeigt ein unbebrütetes Ei, anhand dessen Pander den Hahnentritt mit dem sogenannten Kern des Hahnentritts,⁷⁷⁵ später auch „*Nucleus of Pander*“⁷⁷⁶ genannt, darstellte.⁷⁷⁷ Was den Kern des Hahnentritts betrifft,⁷⁷⁸ so lüftete Pander hier das Geheimnis um eine Struktur, die manchen Embryologen, darunter auch Marcello Malpighi, trotz seiner genauen Untersuchungstechniken, zu verheerenden Fehlinterpretationen verleitet hatte.⁷⁷⁹ Im Gegensatz zu seinen wissenschaftlichen Vorgängern schrieb Pander, völlig korrekt, dem Kern keine besondere Funktion in der fortlaufenden Embryonalentwicklung zu.⁷⁸⁰ Auf den Figuren II und III ist am ehesten die frühe Ausbildung der Keimscheibe zu sehen. Dies entspricht den Stadien nach Hamburger und Hamilton eins und zwei. Demnach sind die Embryonen dieser Figuren ungefähr 6 bis 12 Stunden alt.⁷⁸¹ Pander datierte das Entwicklungsalter des Embryos hier etwas älter, wobei laut ihm Figur II acht Stunden alt und Figur III zwölf Stunden alt war.

Leider sind die Abbildungen hier im Detail nicht gut genug zu erkennen, um eine Aussage über die einzelnen Strukturen treffen zu können. Aber anhand Panders Beschreibung zur Figur III⁷⁸² lässt sich schließen, dass er hier den sich entwickelnden Hypoblasten darstellte. Aber Pander differenzierte nicht zwischen Epiblast, Hypoblast und der hieraus entstehenden dreiblättrigen Keimscheibe. Er benannte diese zwei ersten Lamellen gleich mit nach der Nomenklatur der dreiblättrigen Keimscheibe, zu denen sie sich erst noch entwickeln sollten. Die erste Schicht war die ‚*Serose Schicht*‘, die Panders Verständnis nach teilweise der heutigen Definition des Ektoderms entspricht. Die

⁷⁷⁵ Pander 1817a, 4.

⁷⁷⁶ Adelman 1966b, 1016.

⁷⁷⁷ Adelman 1966a, 1016–1031.

⁷⁷⁸ Pander 1817a, 3–4: Hier beschrieb Pander erstmalig, rein anatomisch gesehen, die Struktur des Hahnentritts.

⁷⁷⁹ Adelman 1966a, 1016–1023: S. hier zu den Fehlinterpretationen Malpighis zu dieser Struktur

⁷⁸⁰ Pander 1817a, 21: Im Paragraph 14 gibt er einen kurzen Überblick über die zwischenzeitliche Veränderung des Dotters und des Eiweißes, die sich bis zur 60. Stunde ereignete. Über den Kern des Hahnentritts schrieb er hierbei nur, dass er mit der Auflösung des Dotters ebenso verschwand.

⁷⁸¹ Bellairs/Osmond 2014, 603.

⁷⁸² Pander 1817a, 31.

zweite Schicht war die Schleimschicht, die dem sich später entwickelnden Endoderm entspricht.⁷⁸³ Anhand seiner Beschreibung des Hypoblasts führte Pander neue Namen in die Beschreibung des Hühnerembryos ein⁷⁸⁴ Pander benannte diese Region in seiner ‚Dissertatio‘ ‚Area pellucida‘,⁷⁸⁵ in seinen ‚Beiträgen‘ ‚Fruchthof‘.⁷⁸⁶ Weiterhin beschrieb er die Halonen, sowie die ‚Area opaca‘.⁷⁸⁷ Diese Nomenklatur ist bis heute gültig. Im modernen Embryologiebuch gliedert man innerhalb der ersten 24 Stunden den Embryo makroskopisch in ein innen gelegenes Areal, die ‚Area pellucida‘, und in ein peripher umgebendes Areal, die ‚Area opaca‘.⁷⁸⁸ Auch Panders Beschreibung der zweiblättrigen Keimscheibe stimmt zeitlich gesehen völlig mit dem heutigen Wissensstand überein, wobei der Embryo zur zwölften Entwicklungsstunde aus zwei Blättern, nämlich aus dem Epiblast und Hypoblast, besteht.⁷⁸⁹ Die Datierung des Alters der Embryonen gelang ihm hier folglich sehr präzise.

Pander fuhr in den folgenden Figuren mit der übersichtlichen, chronologischen Darstellung der Entwicklungsschritte fort. Figur IV bis VI zeigen den gut sichtbaren Primitivstreifen. Dies entspricht ungefähr Stadium 4 nach Hamburger und Hamilton, wonach die Embryonen 18 bis 19 Stunden alt sind. Figur VII schließlich ist nicht gut genug zu erkennen, um anhand der sichtbaren Strukturen eine präzise Zuordnung des Alters und des entsprechenden Entwicklungsstadium durchzuführen. Laut Pander ist der Embryo der Figur VII drei Tage, also ungefähr 60 bis 72 Stunden, alt.⁷⁹⁰ In dieser Figur ist bereits die Area vasculosa ausgebildet. Vergleicht man das genannte Alter mit den Hamburger und Hamilton Entwicklungsstadien, so ist die Area vasculosa ab Stadium

⁷⁸³ Bäumer-Schleinkofer 1993, 230: S. hierzu den Vergleich zwischen Panders, Baers und dem aktuellen Modell der Keimblatttheorie.

⁷⁸⁴ Bellairs/Osmond 2014, 19.

⁷⁸⁵ Pander 1817b, 24–25.

⁷⁸⁶ Pander 1817a, 7.

⁷⁸⁷ Bäumer-Schleinkofer 1993, 222.

⁷⁸⁸ Bellairs/Osmond 2014, 18.

⁷⁸⁹ Ebd., 19.

⁷⁹⁰ Pander 1817a, 32.

16, zwischen der 50. und 56. Stunde, vollständig entwickelt zu sehen.⁷⁹¹ Die Datierung ist hier also nur unzureichend genau. Allerdings dient die Figur bloß einer ersten, übersichtlichen Darstellung der dritten Schicht, der ‚Gefäßhaut‘, wie sie Pander nannte.⁷⁹²

Bestanden die Embryonen der Figuren II und III noch aus zwei Schichten, dem Hypoblast und Epiblast, so haben die Embryonen der Figur IV bis VI einen grundlegenden Schritt der Bildung des embryonalen Körpers durchlaufen. Die Entwicklung der dreiblättrigen Keimscheibe, oder auch Gastrulation genannt, bildet die Grundlage für die folgenden Schritte der Organogenese. Wie findet sich dieser Prozess bei Pander wieder gegeben? Doch Pander schrieb hierzu lediglich *„Aus einem sechzehn Stunden lang bebrüteten Ei. [...] Bey e sieht man in Fig. V einen weißen Kreis, welcher die Grenze der sich bildenden Gefäßhaut darstellt, und noch sehr schwach erscheint“*.⁷⁹³ Hier ist die Darstellung des zeitlichen Verlaufs zwar korrekt, denn das Mesoderm wandert zwischen den Stadien 3 und 4⁷⁹⁴ zwischen Ektoderm und Endoderm ein,⁷⁹⁵ allerdings wird aus Panders Beschreibung die Wichtigkeit dieses Schrittes nicht ersichtlich, sowie sich ein Querschnitt besser geeignet hätte, um diesen Prozess zu veranschaulichen. Auch in Panders ‚Dissertatio‘ und ‚Beiträgen‘ sucht man vergeblich nach einer Erläuterung dieses Einwachsens. Beispielsweise fuhr er nach der Beschreibung der zweiblättrigen Keimscheibe in seiner deutschen Veröffentlichung direkt mit der Bildung der Primitivfalten fort.⁷⁹⁶ *„Das Schleimblatt der Keimhaut erleidet frühzeitig eine eigene Veränderung. [...] Dieser anfänglich sehr kleine, kreisrunde Raum nimmt schnell an Größe mit dem Wachstum der ganzen Keimhaut zu, erscheint erst unter einer ovalen Form, [...],*

⁷⁹¹ Bellairs/Osmond 2014, 59.

⁷⁹² Pander 1817a, 32.

⁷⁹³ Ebd.

⁷⁹⁴ Bellairs/Osmond 2014, 603.

⁷⁹⁵ Ebd., 36: Fortan wird der Begriff Stadien im Sinne der Klassifikation der Embryonalentwicklung nach Hamburger and Hamilton (1951; 1992) verwendet. Die Stadien 3 und 4 spielen sich zwischen der 12. Und 19. Entwicklungsstunde ab.

⁷⁹⁶ Pander 1817a, 5–9.

*und nimmt endlich gegen die achtzehnte Stunde eine biscuitähnliche Gestalt an.*⁷⁹⁷

Hiermit meinte Pander die ersten Anzeichen der Primitivfalten. Pander gelang die Datierung des Entwicklungsalters sehr akkurat, so ist das Stadium 4 nach Hamburger und Hamilton zwischen der 18. und 19. Stunde durch die definitive Sichtbarkeit der Primitivfalten und Primitivrinne definiert.⁷⁹⁸ Pander fuhr mit der Beschreibung der Primitivfalten fort: *„Sobald der durchsichtige Hof die länglich birnenförmige Gestalt erreicht hat, zeigen sich in ihm zwei zarte, parallele, der Länge nach verlaufende Streifchen, von einer Faltung der Keimhaut entstanden.*⁷⁹⁹ Während der ganzen Beschreibung zu den Primitivfalten erwähnte Pander die Gefäßhaut kein einziges Mal, wengleich diese, betrachtet man das Alter seiner Embryonen der Figuren IV bis VI, sich bereits ausbildete.

Die dritte Haut beschrieb er erst später, separat von der Ausbildung der Primitivfalten. *„Vom sichelförmigen Umschlage der Falten, dessen oben erwähnt wurde, beginnt nun eine neue höchst merkwürdige Metamorphose [...]. Es entsteht nämlich zwischen den beiden Blättern der Keimhaut eine dritte, mittlere, in welcher sich die Gefäße bilden, und die wir daher die Gefäßhaut nennen [...].*⁸⁰⁰ Hieraus lässt sich schließen, dass Pander das Einwachsen des Mesoderms, von ihm ‚Gefäßblatt‘ genannt,⁸⁰¹ zwar beobachtet hatte, aber die Bedeutung dieses Schritts nicht verstand. Die Gastrulation ist einer der zentralen Punkte des heutigen Verständnisses der Keimblatttheorie. Warum also verstand Pander die Bedeutung dieses Schritts nicht vollständig? Hierbei muss man bedenken, dass überhaupt die Vorstellung eines Embryos, entstehend aus einer blattförmigen Anlage, revolutionär war⁸⁰² und Pander der erste Embryologieforscher war, der dieses Modell als grundlegend für die gesamte Embryonalentwicklung des Huhns

⁷⁹⁷ Pander 1817a.

⁷⁹⁸ Bellairs/Osmond 2014, 603.

⁷⁹⁹ Pander 1817a, 8.

⁸⁰⁰ Ebd., 11.

⁸⁰¹ Ebd.: *„Es entsteht nämlich zwischen den beiden Blättern der Keimhaut eine dritte, mittlere, [...], und die wir daher die Gefäßhaut nennen [...].“*

⁸⁰² Schmuck 2010, 106.

darlegte.⁸⁰³ Indem es Pander also gelang, überhaupt die Dreischichtung der Keimhaut zu erkennen, hatte er einen neuen, wesentlichen Beitrag zum besseren Verständnis der frühen Embryonalperiode des Huhns geliefert.

Auch lässt sich aus seinen ‚*Beiträgen*‘ schließen, dass er hier wohl nicht sorgfältig genug arbeitete, um die unter dem Mikroskop sichtbare Dreischichtung der Keimhaut zu erkennen.⁸⁰⁴ Im Paragraph, in welchem er das erste Mal explizit die Struktur der Primitivfalten benannte, schrieb er zu seiner Untersuchungsmethodik: *„Eine starke Vergrößerung leistet hier gar keine Dienste, da noch im ganzen Keimhof die Keimhaut überall gleich ist.“*⁸⁰⁵ Diese Aussage Panders, zusammengenommen mit der ersten Bildtafel, macht es wahrscheinlich, dass Pander den Embryo erst nach der Ausbildung der definitiven Primitivfalten, also nach Stadium 4,⁸⁰⁶ mikroskopisch vergrößert untersuchte und der Beobachtung der Gefäßhaut später genauere Ausführungen widmete. So entging es Pander, das Einwachsen des Mesoderms als einen wesentlichen Prozess der Embryonalentwicklung des Huhns, welcher sich gleichzeitig zu der Bildung der Primitivfalten abspielte, zu beschreiben.

ii. Tafel II

Ein weiterer zentraler Bestandteil der frühen Hühnchenentwicklung wird auf Tafel II dargestellt. Auch hier sind die Figuren nach dem chronologischen Entwicklungsalter des Hühnchens geordnet. Was die gewählte Vergrößerung betrifft, so kann anhand

⁸⁰³ Pander 1817a, 6: Vgl. hierzu Panders Äußerung zu der Bildung der zweischichtigen Keimhaut: *„Gegen die zwölfte Stunde besteht nun die Keimhaut aus zwei gänzlich verschiedenen Lamellen, einer innern, [...] und einer äußern [...]. Welcher letztern wir der genauern Bezeichnung [...] des serosen Blatts geben, so wie wir die erstere das Schleimblatt heißen. Kaum dünkt es uns nothwendig zu erinnern, daß man diese beiden Schichten einer Haut nicht mit Wolffs äußerer und innerer Dotterhaut, welche er auch zuweilen Schichten nennt, verwechseln dürfe, da hier von etwas die Rede ist, was Wolff nur ahndete und Haller leise berührte. [...] Mit der Bildung der Keimhaut ist zugleich die ganze Entwicklung des Hühnchens im Ey begründet, [...].“*

⁸⁰⁴ Bellairs/Osmond 2014, 148: Vgl. hierzu Plate 9 Primitive Streak: Im Querschnitt und bei 145-facher Vergrößerung erkennt man die drei Schichten Ektoderm, Mesoderm und Endoderm.

⁸⁰⁵ Pander 1817a, 9.

⁸⁰⁶ Bellairs/Osmond 2014, 603.

des Vergleichs mit Tafel III auf eine ungefähr 5fache Vergrößerung geschlossen werden.

Die Tafel umfasst insgesamt neun Figuren. In den ersten fünf Figuren ist der Verschluss der Neuralfaltens zum Neuralrohr zu sehen. Ab Figur VI ist die Bildung der ektodermalen Kopfscheide zu sehen, welche als durchgängig bis zur Mitte der Längsachse des Embryos hinabreicht. Daneben sind bereits die Somitenanlagen dargestellt. Figur IX schließlich zeigt die Gliederung des Gehirns in Prosencephalon und Rhombencephalon, sowie die Chorda dorsalis.

Die Figuren lassen sich den heutigen Stadien 4 bis 10 zuordnen, was einer Entwicklungsdauer von der 18. bis zur 38. Stunde entspricht.⁸⁰⁷ Figur I zeigt definitiv ausgebildete Primitivfalten, was im Stadium 4 zwischen der 18. bis 19. Stunde der Fall ist.⁸⁰⁸ Hier ist auch bereits der Prozess der Gastrulation abgeschlossen, sodass eine dreiblättrige Keimscheibe vorliegt. In Figur IX sind bereits verwachsene Primitivfalten, sowie eine ausgestaltete Kopfscheide und die Chorda dorsalis zu sehen, sodass diese dem Stadium 10 zwischen der 33. und 38. Entwicklungsstunde zugeordnet werden kann.⁸⁰⁹

⁸⁰⁷ Ebd., 609: S. hier die lichtmikroskopischen Abbildungen zu den Stadien 4-10; 603-604: S. hier für die zugehörige Definition der Stadien 4-10

⁸⁰⁸ Pander 1817a:

⁸⁰⁹ Ebd.: In Figur IX sind bereits verwachsene Primitivfalten, sowie eine ausgestaltete Kopfscheide und die Chorda dorsalis zu sehen, sodass diese dem Stadium 10 zwischen der 33. und 38. Entwicklungsstunde zugeordnet werden kann.

Fig. I.

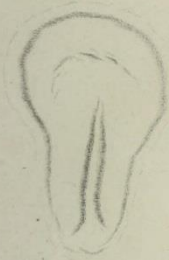


Fig. II.



Fig. III.



Fig. IV.

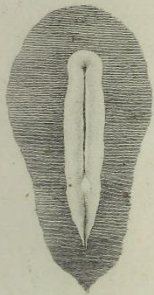


Fig. V.

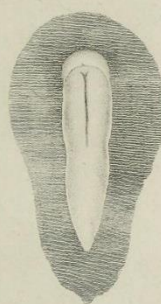


Fig. VI.



Fig. VII.

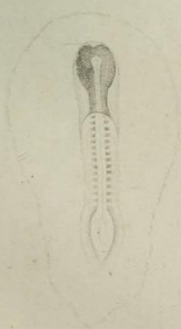


Fig. VIII.

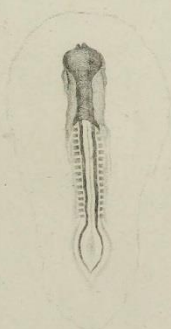


Fig. IX.

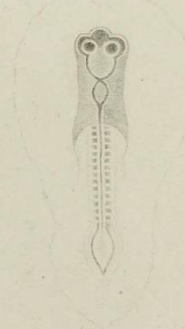


Abbildung 2: Tafel II

Quelle: <https://wellcomelibrary.org/item/b28743969#?c=0&m=0&s=0&cv=58&z=-1.0916%2C-0.1165%2C2.9361%2C1.4856>; abgerufen am 10.06.2019.

Wie beschrieb Pander die hier dargestellten Strukturen? Zunächst sei vorweggenommen, dass Pander nicht zwischen den Begriffen der Primitivfalten und Neuralfalten, so wie es in der heutigen Nomenklatur üblich ist, unterschied.⁸¹⁰ Anhand der Figuren III bis V beschrieb er, sehr einfach gehalten,⁸¹¹ den Verschluss der Primitivfalten. In Figur I sind die Primitivfalten „*in ihrem frühesten*“⁸¹², noch als klare getrennte Linien dargestellt, in Figur VI haben sie „*sich einander schon sehr genähert*“⁸¹³, und in Figur IX schließlich sind sie „*in der Mitte der Axe des Fötus mit einander verwachsen, so daß sie das Rückenmark hier bedecken*“⁸¹⁴. Eine differenziertere Beschreibung, wann genau sich der obere, mittlere und untere Teil des Neuralrohrs verschließt, findet sich bei Pander nicht. Generell ist nach der Erstbeschreibung der Primitivfalten seine Erläuterung der weiteren Strukturen hier nur lückenhaft und von Fehlinterpretationen begleitet. So verstand er die Chorda dorsalis⁸¹⁵ als Rückenmark, sowie er die Anlage der Somiten⁸¹⁶ als Wirbelkörper bezeichnete.⁸¹⁷ Auf eine präzisere Benennung der Hirnbläschen, wie sie in Figur IX deutlich zu sehen sind, verzichtete er völlig, sowie er nicht angab, wann und in welcher Reihenfolge diese entstanden. Pander fasste diesen komplexen Entwicklungsvorgang sehr undifferenziert zusammen: „*Nach oben gegen das Kopf-Ende gehen sie [die Primitivfalten] auseinander und bilden mehrere Zellen.*“⁸¹⁸ Derart oberflächlich endete Panders Beschreibung der hier sichtbaren Strukturen der Gehirnanlage. Eine Beschreibung, wie sich das Gehirn des Vogels entwickelt, findet sich nur an einer Stelle in

⁸¹⁰ Adelman 1966b, 1430.

⁸¹¹ Pander 1817a, Tafel II.

⁸¹² Ebd., 33.

⁸¹³ Ebd.

⁸¹⁴ Ebd., 34.

⁸¹⁵ Bellairs/Osmond 2014, 36: Die Chorda dorsalis spielt eine zentrale Rolle bei der Bestimmung der embryonalen Körperachse, sowie der Bildung des Neuralrohrs, und bildet sich in der weiteren Embryonalentwicklung zurück, sodass ihre Überreste nur noch im Nucleus pulposus der Bandscheibe des adulten Vogels zu finden sind.

⁸¹⁶ Ebd., 36–37: Die Anlage der Somiten entsteht aus dem paraaxialen Mesoderm und von ihnen ausgehend entwickeln sich Wirbelkörper, Rippen, Spinal- und Hirnnerven, Vertebralarterien, die Skelettmuskulatur und Bänder.

⁸¹⁷ Bäumer-Schleinkofer 1993, 222.

⁸¹⁸ Pander 1817a, 34.

Panders ‚*Beiträgen*‘ und sie ist genauso oberflächlich wie die Erläuterung zu seinen Bildtafeln „*Nicht so schnell vereinigen sich die beiden Falten oben und unten; nach unten gehen sie unter einem spitzen Winkel aus einander, [...]; nach oben weichen sie auch unter einem scharfen Winkel voneinander ab, [...], krümmen sich wellenförmig, und indem ihre Ränder nicht eingeschlagen, sondern gerade in die Höhe gerichtet sind, entsteht zwischen ihnen eine Reihe von drei bis vier gegen das Kopf-Ende an Größe zunehmenden Räumen oder Zellen [...]. Malpighi und seine Nachfolger nennen diese rundlichen Räume geradezu die Hirnblasen, allein in ihnen entwickelt sich erst das Gehirn.*“⁸¹⁹ Zusammengefasst mit seinen dürftigen Ausführungen, welche sich in seinen Beiträgen finden, ist es anzunehmen, dass Pander der Entwicklung des Gehirns keine genauere Beachtung schenkte und die einzelnen, morphologischen Veränderungen während der frühen Embryonalentwicklung nicht nachvollzog.

Neben dem Verschluss der Primitivfalten erklärte Pander die Bildung der Kopfscheide.⁸²⁰ Nach dem heutigen Verständnis bildet das Ektoderm durch eine Einstülpung am anterioren Ende zur Kopfscheide aus, welche nach kaudal zieht, sodass der mesodermale Herzschlauch und die endodermale Anlage des Vorderdarms unmittelbar neben der Kopfscheide zu liegen kommen. Allerdings führte Pander in der zugehörigen Beschreibung der Figur VI den Begriff der Kopfscheide ein, ohne genau darauf einzugehen, woraus diese denn ursprünglich entstand. „*Der umgeschlagene Theil des Kopfes [...] bildet die Kopfscheide Wolffs.*“⁸²¹ Dies genau zu benennen ist aber äußerst bedeutsam für das weitere Verständnis, woraus sich der Herzkanal und der Vorderdarm bilden. Wie legte Pander dies dar?

⁸¹⁹ Pander 1817a, 10.

⁸²⁰ Ebd., 33: Bei der Beschreibung zu Figur VI verfasste er folgenden Text: „*Der umgeschlagene Theil des Kopfes, [...], bildet die Kopfscheide Wolffs b,b,c, von deren Rändern zu beiden Seiten des Fötus die Haut, als Falten, herunterläuft, den ersten Anfang der Intestinalfalten darstellend.*“

⁸²¹ Ebd.

In der Beschriftung zu Figur VII legte er die Lageverhältnisse der Kopfscheide zum Herzkanal und Vorderdarm wie folgt dar: „*Der Rand der Kopfscheide, von welchem der Eingang in das Herz und die Speiseröhre offen steht.*“⁸²² So benannte er erstmalig diese entscheidenden Strukturen. Hieraus geht nicht hervor, aus welcher Keimhaut sich diese Strukturen ableiten und wie sie sich topographisch genau zueinander stehen. Aus keiner der Figuren VII bis IX wird auch nur annähernd ersichtlich, dass Kopfscheide, Herzschlauch und Ösophagus aus drei verschiedenen Gewebeschichten entstammen. Aus der fehlenden, differenzierten Darstellung der Kopfscheide gingen weitere Fehlinterpretationen Panders hervor. So stellte er die „*Intestinalfalten*“⁸²³ als aus der Kopfscheide übergehende Falten dar,⁸²⁴ obwohl der Vorderdarm eigentlich durch laterale Abfaltung des Embryos als Einstülpung des Endoderms in das Ektoderm entsteht. Ebenso durch den Prozess der lateralen Abfaltung stülpt sich das Mesoderm in den Embryo ein, um hier das intraembryonale Coelom zu bilden.⁸²⁵ Ein spezieller Teil des Mesoderms, das dorsale Mesocardium, bildet später den Herzschlauch.⁸²⁶ Doch Panders Beschriftung hierzu erweckt den Eindruck, dass die Kopfscheide kontinuierlich in Herz und Vorderdarm übergeht. Hieraus folgt, dass es ihm zu diesem Zeitpunkt wohl noch nicht möglich gewesen war, die Membranverhältnisse der unteren Halsregion korrekt nachzuvollziehen.

Letztendlich entging es ihm völlig, genauer darzustellen, aus welchem der Blätter der Keimhaut sich diese Strukturen entwickelten. Gerade in der Region des Kopfes liegen die verschiedenen Keimblätter sehr nahe beieinander, weshalb es für ein korrektes Verständnis der Entwicklungsprozesse sehr wichtig ist, dies differenziert darzustellen. Zwar findet sich diese Zuordnung nicht in der unmittelbaren Beschreibung der

⁸²² Pander 1817a, 33.

⁸²³ Ebd.

⁸²⁴ Ebd., Tafel II: Auf der kontrastierten Version zeigen die Figuren VII und VIII eindeutig den Herzkanal fälschlicherweise als kontinuierlichen Übergang aus der Kopfscheide entstehend.

⁸²⁵ Bellairs/Osmond 2014, 53: Darstellung des Prozesses der lateralen Abfaltung.

⁸²⁶ Ebd., 40: s. hier zu den verschiedenen Geweben, die sich aus dem Mesoderm entwickeln.

Bildtafeln, sehr wohl aber in Panders ‚*Beiträgen*‘. Aus der ‚*Serosen Schicht*‘, welche dem Ektoderm entspricht,⁸²⁷ bildet sich „[...] die äußere Wand des Leibes, der Brust, des Bauches, des Beckens und das eigentliche Amnion. Den Kopf bildete sie schon früher, wie wir gesehen haben.“⁸²⁸ Hieraus zeigt sich, dass Pander bereits zu einem gewissen Verständnis gekommen war, wie sich das Ektoderms im zeitlichen Verlauf entwickelte.⁸²⁹ Eine genaue Zuordnung, dass das Herz dem Mesoderm, laut Panders Namensgebung aus dem ‚*Gefäßblatt*‘ entstammt, sucht man hier vergebens. Pander ging nur noch sehr knapp auf die Rolle des Endoderms und Mesoderms bei der Darmentwicklung ein: „Auf gleiche Weise bilden die beiden andern Keimhautblätter die Gedärme mit dem Mesenterium.“⁸³⁰

Dass die Kopfscheide dem Ektoderm entsprang, schien Pander beim Verfassen seiner ‚*Beiträge*‘ bereits sicher gewusst zu haben. Auch die Tatsache, dass der Vorderdarm wohl dem Endoderm entsprang, könnte er geahnt haben, wobei er dies bereits nicht mehr so deutlich formulierte, wie in der erläuternden Passage zur Kopfscheide. Eindeutig unsicher war er sich beim Verfassen seiner Beiträge darüber, woraus der Herzkanal entstand. „Das Rudiment des Herzens, welches sich gegen die dreißigste Stunde als ein nach unten offener Sack darstellte, erscheint bald als ein gerader [...] Kanal, welcher nach unten, wo er an die Fovea cardiaca stößt, mit zwei seitlichen Mündungen sich gegen den durchsichtigen Hof hin öffnet.“⁸³¹ Zwar beschrieb Pander die Bildung eben dieses Kanals in der ‚*Fovea cardiaca*‘⁸³², eine topographische Region zwischen den Blättern der Kopfscheide, doch sucht man in seinem gesamten Werk vergebens eine Zuordnung, von welcher Keimschicht sich die Anlage des Herzkanals ableitete.

⁸²⁷ Bäumer-Schleinkofer 1993, 230.

⁸²⁸ Pander 1817a, 22.

⁸²⁹ Bäumer-Schleinkofer 1993, 221.

⁸³⁰ Pander 1817a, 22.

⁸³¹ Ebd., 17.

⁸³² Ebd., 12.

Umso erstaunlicher ist es, dass die getrennten Verhältnisse zwischen der Kopfscheide und dem Herzkanal auf der Tafel der Durchschnitte,⁸³³ vor allem aus Figur 7, 11 und 13 ersichtlich werden.⁸³⁴ Auch hier enthält Panders Beschreibung allerdings die gleichen Fehler, die hier erläutert wurden.⁸³⁵ Dies bestärkt nur die Annahme, dass er zu dem Zeitpunkt, zu welchem er seine ‚*Beiträge*‘ verfasste, wohl den Ursprung dieser Strukturen aus der jeweiligen Schicht noch nicht vollständig verstanden hatte.

D’Alton hatte auf der schematisierten Darstellung der Tafel der Durchschnitte die Kopfscheide und den Herzkanal korrekt als voneinander getrennte Strukturen gezeichnet. Warum aber nicht auf der Tafel II und III? Nun war es ein Bestreben Panders und D’Altons, eine naturgetreue Wiedergabe ihrer Beobachtungen in ihren Tafeln zu erreichen. Daher könnte die undifferenzierte Zeichnung der Kopfscheide der Figuren VII bis IX der Tafel II einerseits daran liegen, dass eine fünffache Vergrößerung nicht ausreichte, um die Dreischichtung dieser Region hier deutlich sichtbar zu machen. Andererseits muss man sich vor Augen führen, dass die hier genannten Strukturen übereinander zu liegen kommen und so nur durscheinend zu sehen sind. Zeichnet man sie also der Natur nach und nicht schematisiert, so ist hier eine klare Trennung überhaupt nicht möglich.

iii. Tafel III

Auch die nächste Tafel stellt die Entwicklung des Neuralrohrs, der Kopfscheide und des Herzschlauches dar, wobei hier die Stadien 8 bis 11 abgebildet sind.⁸³⁶ Das Neuralrohr in Figur I ist noch dabei, sich vollständig zu verschließen, was ungefähr dem Stadium 8 zwischen der 26. und 29. Entwicklungsstunde entspricht. Figur III und IV zeigen den gleichen Embryo, einmal von ventral und einmal von dorsal betrachtet. Besonders in den Figuren III und IV, die etwa dem Stadium 10 zwischen der 30. und 38.

⁸³³ Ebd., Tafel der Durchschnitte; Figur 7; 11; 13.

⁸³⁴ Pander 1817a, Tafel der Durchschnitte: Figur 7, 11, 13

⁸³⁵ Ebd., 40–41.

⁸³⁶ Bellairs/Osmond 2014, 603–604.

Stunde entsprechen,⁸³⁷ erkennt man deutlich die Hirnbläschen. Sehr akkurat ist die Einteilung in Prosencephalon, Mesencephalon und Rhombencephalon in den Figuren III und IV zu sehen.⁸³⁸ Neben der Hirnentwicklung ist hier auch der Herzschlauch zu sehen, aus welchem sich zwischen dem 10. und 16. Stadium zunächst die Herzschleife durch Abfallen und Rotation bildet.⁸³⁹ Der Prozess der Ausdehnung des Herzschlauchs nach rechts ist hier bereits zu sehen.⁸⁴⁰ Neben der Kopfscheide, den Intestinalfalten und dem Herzschlauch erkennt man hier entwicklungsgemäß bereits andere, wichtige Strukturen. So sind die Chorda dorsalis mit den begleitenden Somiten in allen Figuren genau zu erkennen. Auf Tafel III gab Pander eine Referenzabbildung zur Darstellung der natürlichen Größe der Embryonen dar. Hieraus errechnet sich eine Vergrößerungsfähigkeit von ungefähr 5facher Norm.

Auch in der Beschriftung dieser Tafel findet sich in Panders Beschreibung die gleiche, fehlerhafte Weise, die Kopfscheide als Ursprung für die Intestinalfalten und den Herzschlauch zu definieren.⁸⁴¹ Bei seinen Erläuterungen der Figuren I und II gab Pander an, dass der Rand der Kopfscheide sich in die Intestinalfalten verliere.⁸⁴² Zum Herzkanal, welcher in Figur IV als Ausbuchtung zu sehen ist, schrieb er: „*Der Rand der Kopfscheide, an welchem man das untere Ende des Herzens sieht, welches geschlängelt sich auf die linke Seite zu legen beginnt.*“⁸⁴³ Die Figuren, zusammen mit Panders Text, vermitteln erneut fälschlicherweise das Verständnis, dass die Kopfscheide kontinuierlich in die Anlage des Herzens und Vorderdarms übergeht.

⁸³⁷ Ebd., 604.

⁸³⁸ Ebd., 42: Aus den drei ersten Hirnbläschen entwickeln sich später die fünf Hirnbläschen, in denen dann das Gehirn bis zum Zustand heranreift, der in einem adulten Vogel zu finden ist.

⁸³⁹ Ebd., 51–54: Die einzelnen Schritte der komplexen Herzentwicklung können hier nachvollzogen werden.

⁸⁴⁰ Pander 1817a, Tafel III: Figur III und IV zeigen bereits den nach rechts ausgesackten Herzschlauch.

⁸⁴¹ Ebd., 34.

⁸⁴² Ebd.

⁸⁴³ Ebd., 35.

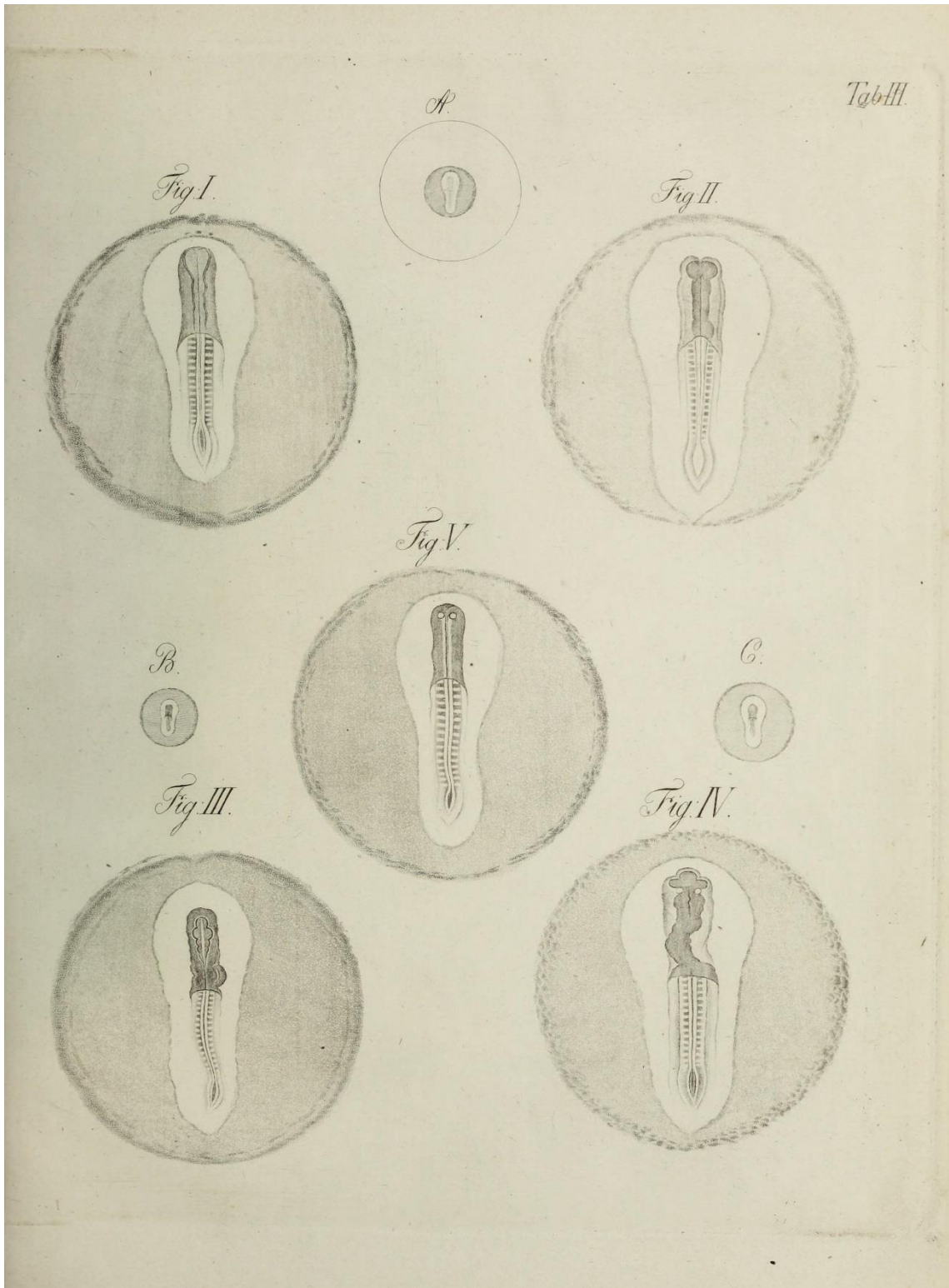


Abbildung 3: Tafel III

Quelle: <https://wellcomelibrary.org/item/b28743969#?c=0&m=0&s=0&cv=62&z=-1.0916%2C-0.1165%2C2.9361%2C1.4856>; abgerufen am 10.06.2019.

Zusammenfassend sind auf den Tafeln I bis III die frühen Stadien⁸⁴⁴ der Embryonalentwicklung, von der Bildung der Primitivfalten an bis zur Abfaltung der Keimhäute zu der Anlage der Körperhöhlen des Embryos, dargestellt. Die Figuren befinden sich zwischen dem 4.⁸⁴⁵ und 11. Entwicklungsstadium.⁸⁴⁶

Allerdings wird aus keiner dieser Figuren die Schichtung der Keimhaut in verschiedene Lamellen ersichtlich. Der interessierte Betrachter bekommt hier nur eine grobe Vorstellung von dem, wie sich die Keimhaut wohl Christian Heinrich Pander unter dem Mikroskop zeigte. Zusätzlich dazu, stellte Pander in seinen Erläuterungen der Tafel II und III nicht klar heraus, aus welcher Keimschicht genau sich die dargestellten Strukturen wie Herz, Ösophagus, Kopfscheide und Hirnblasen entwickeln.

Liest man, zusätzlich zu Panders hier gemachten Beschreibungen,⁸⁴⁷ die zugehörige Passage seiner ‚*Beiträge*‘ durch, so fällt auf, dass er durchaus ahnte, dass die Kopfscheide, der Herzschlauch und der Vorderdarm sich aus verschiedenen Schichten entwickelten, wenngleich er dies nicht eindeutig formulierte und man explizit nach dieser Stelle suchen muss: *„Wenn sich das Kopf-Ende mit den Primitivfalten nach unten, die Querfalte bildend, [er beschreibt die Bildung des Kopffortsatzes], umschlägt, zieht es nicht allein die zwischen den Falten gelegene Haut mit sich [er meint das prächordale Mesoderm], sondern auch die nächst anstoßende über ihnen, nach sich [das Endoderm]. Hier bleiben nun die Falten stehen; allein die Haut geht von ihrem Rande noch weiter gegen den Schwanz hinunter, und [...] schlägt sich wieder über sich selbst zurück und verläuft in einer Ebene über den Kopf des Embryo hinaus.“*⁸⁴⁸ Zunächst fällt hier der schwer verständliche Stil Panders auf, der es dem Leser schwer macht, seiner Darlegung zu folgen. Nun ist die topographische Region der Kopfscheide in

⁸⁴⁴ Bellairs/Osmond 2014, 15–28: S. hier zur Erläuterung der frühen Embryonalentwicklung des Huhns nach heutigem Wissensstand.

⁸⁴⁵ Ebd., 603.

⁸⁴⁶ Ebd., 604.

⁸⁴⁷ Pander 1817a, 33–35: Beschreibung der Bildtafeln II-III

⁸⁴⁸ Ebd., 12:

modernen Embryologiebüchern heute bildlich gut verständlich erklärt.⁸⁴⁹ Liest man die obengenannte Passage allerdings ohne Vorwissen durch, so kann man schlichtweg nicht folgen, dass Pander hier vermutlich von drei verschiedenen Häuten spricht. An keiner Stelle nennt er einer der Häute bei ihrem Namen. Er war sich diesen Beobachtungen wohl noch zu unsicher, um diese explizit benennend zu formulieren. Daher fehlt auch die präzise Zuordnung der Strukturen zu ihrem ursprünglichen Keimblatt auf den Kupfertafeln. Dies ist ein ausschlaggebender Mangel Panders Arbeit, welcher sich in den ausgeprägten Verständnisschwierigkeiten, auf die sein Werk zunächst stieß, widerspiegelte.⁸⁵⁰ Dieser Punkt soll noch gesondert analysiert werden.

iv. Tafel IV

Zur nächsten Tafel IV vollzieht der Betrachter einen thematischen Sprung. Die zentralen Themen dieser Tafel sind die Entstehung des Blutes und des Kreislaufs. Dabei fokussiert sich die Tafel IV auf die Darstellung des Kreislaufsystems zwischen den Stadien 6 und 16.⁸⁵¹ Die Vergrößerung ist hier erneut im Sinne einer ersten, übersichtlichen Darstellung mit ungefähr 2facher Norm gewählt, wie sich anhand der Referenzabbildungen, welche neben den Figuren zu finden ist, errechnen lässt.

Auf Figur I sind die ersten Blutinseln zu erkennen, welche sich ab dem Stadium 6 in den peripheren Anteilen der Keimscheibe zuerst zeigen.⁸⁵² Figur II zeigt die aussprossenden Gefäße der Area vasculosa, sowie Pander in seiner Beschreibung bereits einen pulsierenden Herzschlag als sichtbar angibt,⁸⁵³ was ungefähr ab Stadium 10 zu sehen ist.⁸⁵⁴ Figur III zeigt den Sinus terminalis, ein offen mündender Raum, welcher die

⁸⁴⁹ Bellairs/Osmond 2014, 80: S. beispielsweise hier für eine schematische Graphik der Kopfscheide, des Herzschlauchs und des Vorderdarms.

⁸⁵⁰ Oken 1817, 1529–1540 Vgl. hierzu Okens Besprechung von Panders Werk, in welchem Oken immer wieder äußerte, dass er Panders Ausführungen nicht verstand.

⁸⁵¹ Bellairs/Osmond 2014, 59.

⁸⁵² Ebd., 57.

⁸⁵³ Pander 1817a, 35.

⁸⁵⁴ Bellairs/Osmond 2014, 57.

Area vasculosa vollständig umgibt. Da der Sinus den Embryo der Figur III vollständig umgibt, kann man ihm ungefähr dem Stadium 16 zuordnen.⁸⁵⁵ Auch Figur IV zeigt erneut die verästelnden Gefäße der Area vasculosa samt Sinus terminalis

Auf den Figuren V, VI und VII schließlich stellt Pander die Eihäute des Embryos mit den zugehörigen Gefäßen dar. Diese Figuren sind älteren Stadien zuzuordnen, nämlich Stadium 18 bis 19, in dem die Allantois beginnt als Blase zu erscheinen.⁸⁵⁶ In der Figur V erkennt man sehr schön, wie das Amnion sich beginnt, um den Embryo zu falten, sowie sich kaudal bereits die Allantois gebildet hat. Auch den Eihäuten und den hiermit verbundenen Gefäßen widmete Pander noch weitere Tafeln. Figur VI und VII zeigen den gleichen Embryo, wie er vom Amnion umgeben wird und wie die Gefäße hierin münden.

Die Figuren der Tafel IV sind größtenteils korrekt bezeichnet und zusammen mit dem 9. und 10. Paragraphen aus Panders ‚*Beiträgen*‘ gewinnt der Leser Verständnis über den Beginn der Blutbildung, die Ausbildung der Dottergefäße der Area vasculosa und den hieraus entstehenden Kreislauf des Embryos. Pander gelang es erstmalig den Sinus terminalis anatomisch korrekt als angrenzenden, offen mündenden Raum zu beschreiben. Auch der Aufbau der Area vasculosa, mitsamt der Mündung der Arterien und Venen in den Embryo, ist hier in einem ersten Überblick gut zu erkennen.

⁸⁵⁵ Ebd., 59.

⁸⁵⁶ Ebd., 604–605.

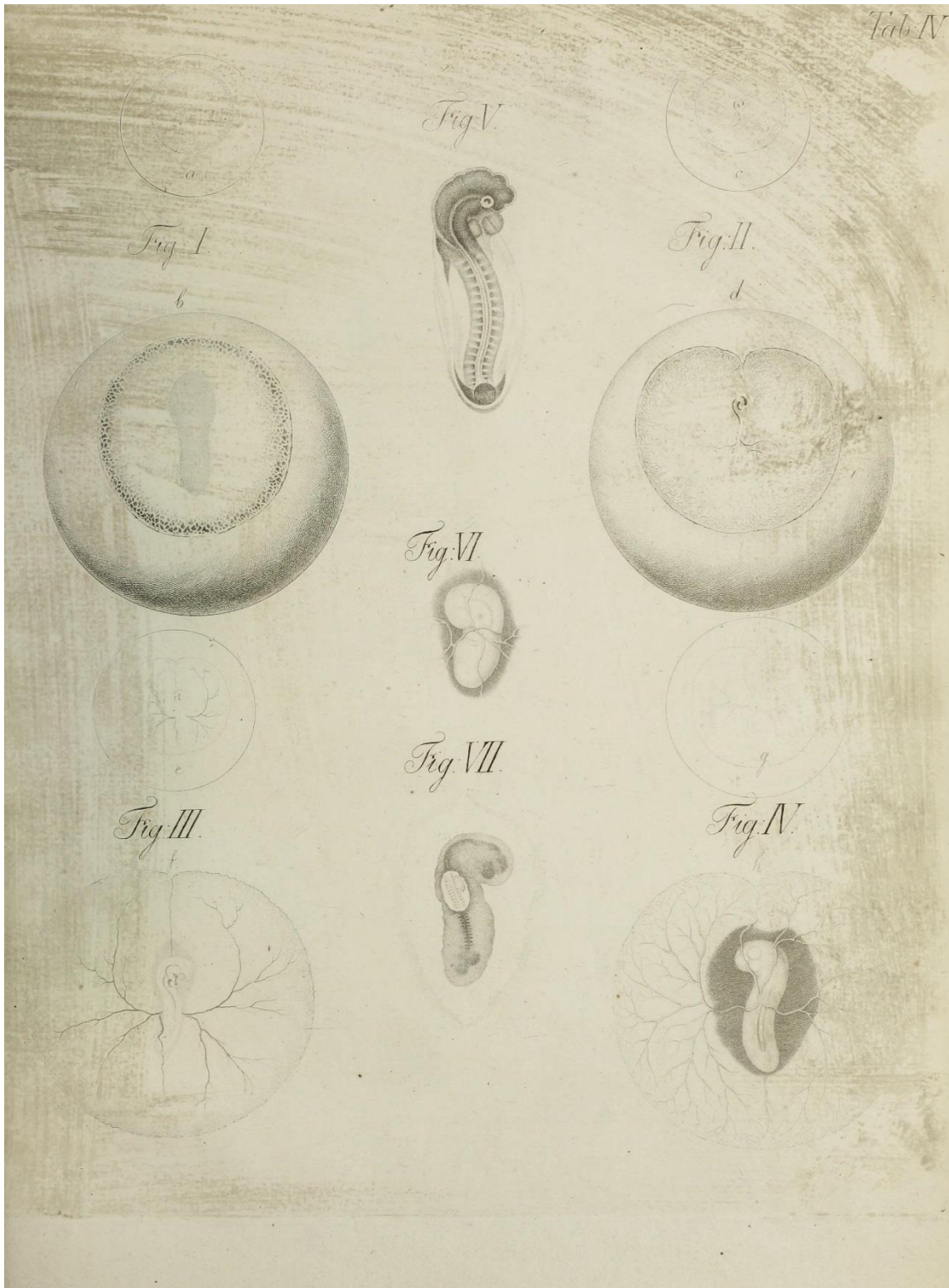


Abbildung 4: Tafel IV

Quelle: <https://wellcomelibrary.org/item/b28743969#?c=0&m=0&s=0&cv=66&z=-1.0916%2C-0.1165%2C2.9361%2C1.4856>; abgerufen am 10.06.2019.

Die Art und Weise, wie er den Verlauf des Blutes zwischen den Ästen der Gefäßhaut und dem Herzkreislaufsystem des Embryos selbst in seinen Beiträgen beschrieb ist anschaulich und korrekt: „*Das Blut im Sinus ist in steter Bewegung. Zu beiden Seiten des Fötus, gerade den beiden Arterienstämmen gegenüber, theilt sich sein Lauf in zwei Richtungen gegen den Punkt hin, wo die beiden Venen entstehen; nun strömt das Blut frei in die beiden absteigenden Venen, in die aufsteigende Vene aber gelangt es durch ihre Zweige. Mit diesen Venenstämmen vereinigen sich nun auch jene Venenäste, welche das Blut unmittelbar aus den Arterienzweigen erhalten haben.*“ Pander gab hier auch Angaben zu seiner Methodik: „*Zu diesem Ende muß man ein Ey am dritten Tage in warmen Wasser öffnen, schnell die Keimhaut auf einer etwas vertieften Glasplatte unter ein zusammengesetztes Microscop mit großem Sehfelde bringen, und durch Zutropfeln heißen Wassers die Bewegung des Blutes recht lebhaft erhalten.*“⁸⁵⁷ Aus dieser effizienten Methodik, der korrekten Beschreibung der Dottergefäße lässt sich schließen, dass Pander dieses Kreislaufsystem des Embryos ausführlicher untersucht hatte. Er widmete dem Gefäßsystem des Embryos ebenso mehrere Tafeln. Neben Tafel IV findet sich der Kreislauf noch auf Tafel VI, VII und VIII abgebildet.

Figur V vermittelt einen anschaulichen Eindruck, wie sich das Amnion beginnt um den Embryo zu schließen und wird durch Figur VI und VII thematisch ergänzt. Allerdings unterlief Pander in der Beschreibung der Figur V eine Fehlinterpretation, welche sich durch sein gesamtes Werk zieht. Die Bildung des Amnions beschrieb Pander sehr genau und anschaulich in seinen ‚*Beiträgen*‘⁸⁵⁸ und war somit der erste Embryologieforscher, der diesen Entwicklungsprozess korrekt und von Beginn an darstellte. Was die Allantois belangt, so verkannte Pander diese als ‚*Chorionsblase*‘,⁸⁵⁹ was zur Verwirrung führen kann, betrachtet man die heute gängige Nomenklatur. Die ‚*Chorionsblase*‘ bei Pander ist die Allantois, er hingegen verneinte die Existenz einer Allantois im

⁸⁵⁷ Pander 1817a, 20.

⁸⁵⁸ Ebd., 23–26.

⁸⁵⁹ Ebd., 25–26.

Vogelembryo generell. Hingegen beschrieb er sehr wohl die Entwicklung des Chorions, was er als ‚*Falsches Amnion*‘ bezeichnete.⁸⁶⁰ Auch die Fusion des Chorions und der Allantois zur Chorionallantois, sowie die Gefäße dieser beschrieb er in seinen ‚*Beiträgen*‘.⁸⁶¹ „*Das Zusammenwachsen des Chorions [Allantois] mit dem falschen Amnion [Chorion] geht von einem Punkte aus, und erstreckt sich bald über die ganze Fläche der Blase, wo dann beide Membranen nach und nach in eine verschmelzen. Hiebei verändert das Chorion [Allantois] seine ursprüngliche Gestalt, und geht aus dem engen Raume zwischen dem Amnion und der Keimhaut, verwachsen mit dem falschen Amnion [Chorion], heraus, um in immer fortdauernder Vergrößerung und Ausdehnung den Fötus, seine Hülle und den Dotter zu umgeben, und auf diese Weise an die innere Fläche der Schaale sich anzulegen. [...] Auf dem Chorion [Allantois] verbreiten sich allgemein bekannten, von Blumenbach und andern sehr gut abgebildeten Nabelgefäße.*“ Folglich hatte er den Entwicklungsprozess richtig beobachtet, ihn aber aufgrund seiner eigenen wissenschaftlichen Thesen falsch interpretiert. Leider hält er sich auch bei der Beschreibung der Gefäße der Chorionallantois sehr kurz und verweist nur auf bereits bestehende Literatur,⁸⁶² sodass hier eine lückenhafte Darstellung der Nabelgefäße entsteht.

v. **Tafel V**

Der Sinn der Tafel V bestand laut Pander darin, die „*Mannigfaltigkeit*“⁸⁶³ der Entwicklungsstufen angeblich gleich alter Embryonen darzustellen. Da Pander eine Referenzabbildungen der natürlichen Größe der Embryonen angab, kann hier auf eine 5fache Vergrößerung zurückgerechnet werden. Die Tafel umfasst insgesamt neun Figuren. Auf den Figuren I bis V sind der Herzschnlauch, die einmündenden Arterien, die Chorda dorsalis mit den benachbarten Somiten, die Kopfscheide, die Falten des Darmkanals und die Hirnbläschen zu sehen. Tafel V ist die erste Tafel, auf der man den Herzkanal

⁸⁶⁰ Bäumer-Schleinkofer 1993, 222.

⁸⁶¹ Pander 1817a, 26.

⁸⁶² Ebd.

⁸⁶³ Ebd., 36.

deutlich erkennt. Dennoch ist hier weder aus der Beschreibung noch aus der Figur selbst klar zu erkennen, dass Herzkanal, Kopfscheide und die Falten des Darmrohrs aus getrennten Schichten entstehen. Die Chorda dorsalis beschrieb Pander aufgrund seines mangelnden Verständnisses der Funktion dieser Struktur erneut als Rückenmark.

Figur VI bis IX zeigen zusätzlich das Amnion, wie es sich kranial bildet, um nach kaudal zu ziehen. Die nachträgliche Datierung des Entwicklungsstadiums kann hier anhand des dargestellten Wachstums des Amnions gut erfolgen.⁸⁶⁴ Zusätzlich kann man beispielsweise in Figur VII bereits die Untergliederung des Gehirns in Prosencephalon und Rhombencephalon erkennen, weshalb diese Figur eindeutig dem 14. Entwicklungsstadium zuzuordnen ist.⁸⁶⁵

Das sich entwickelnde Amnion erkennt man sehr deutlich und dies ist auch völlig korrekt von Pander beschriftet. Allerdings findet sich zu keiner der neun Figuren eine Beschreibung der sichtbaren Strukturen des Gehirns. Dies bestärkt erneut die These, dass Pander diesen bestimmten Entwicklungsprozess nicht genauer beobachtete.

⁸⁶⁴ Bellairs/Osmond 2014, 604–605.

⁸⁶⁵ Ebd., 604.

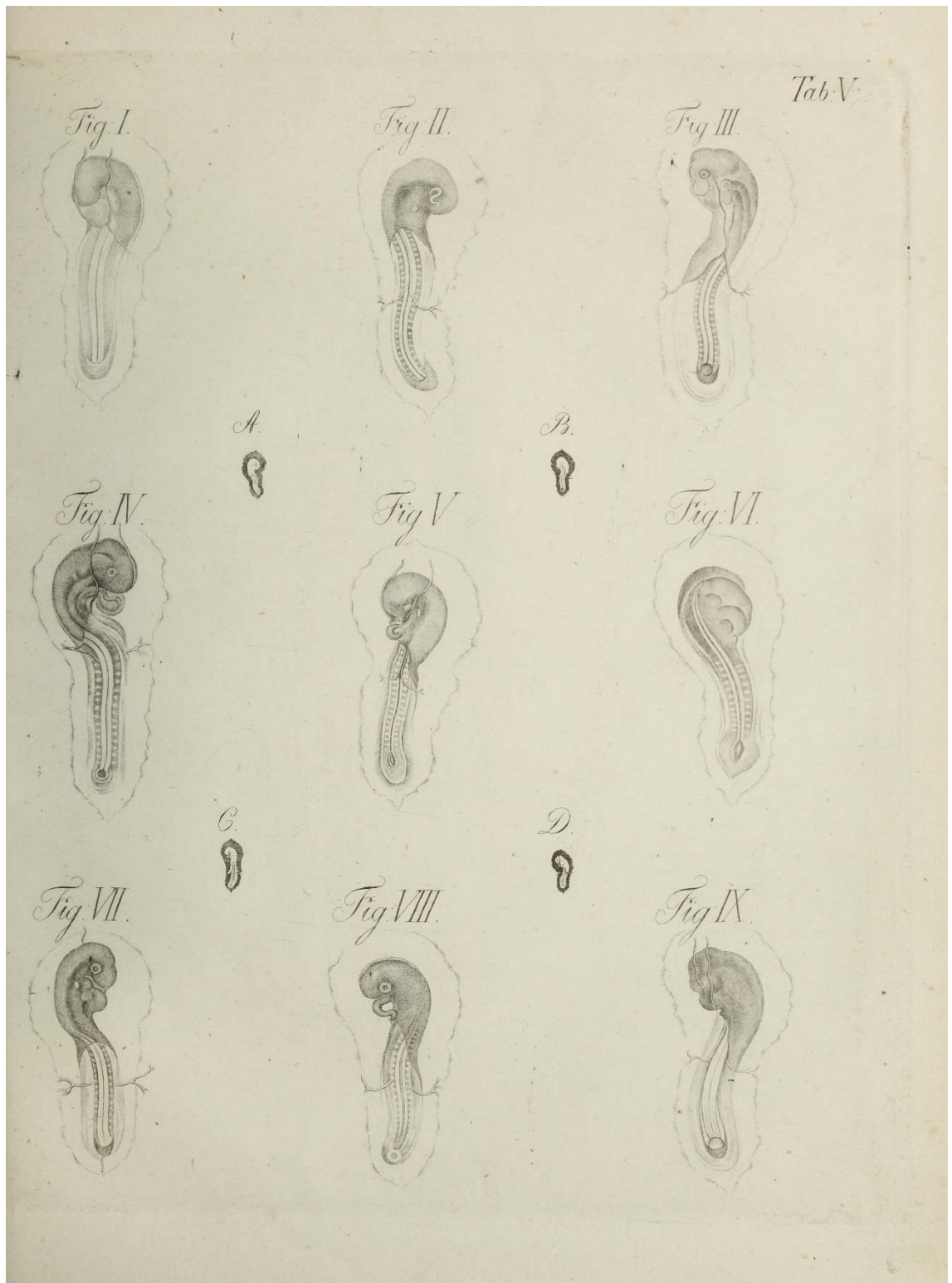


Abbildung 5: Tafel V

Quelle: <https://wellcomelibrary.org/item/b28743969#?c=0&m=0&s=0&cv=70&z=-1.0916%2C-0.1165%2C2.9361%2C1.4856>; abgerufen am 10.06.19.

Was die Angabe Panders angeht, dass Tafel V gleichalte Embryonen zeigen soll, welche allerdings morphologisch eindeutig unterschiedlich erscheinen, so wird schnell deutlich, dass Pander hiermit falsch lag. Tatsächlich zeigt sich bei der vergleichenden Analyse der Entwicklungsstadien mit den Hamburger und Hamilton Stadien beispielsweise zwischen der VI. Figur, welche ungefähr 45 bis 49 Stunden alt ist,⁸⁶⁶ und der VIII. Figur, die 50 bis 53 Stunden alt ist,⁸⁶⁷ ein erheblicher Entwicklungsunterschied.⁸⁶⁸ Gerade in den frühen Entwicklungsstadien bewirken diese bis zu acht Stunden Zeitdifferenz eine erhebliche Veränderung des Embryos. Hieraus zeigt sich erneut das Problem der damaligen Wissenschaftler, die Entwicklungsstufe des Embryos präzise zu datieren, was bereits bei der Analyse von Panders Methodik anhand ebendieser Tafel erläutert worden ist.

vi. Tafel VI

Die Figuren der Tafel VI sollen laut Panders Beschreibung das Kreislaufsystem des Embryos, sowie die ihn umgebenden Häute zeigen.⁸⁶⁹ Was die gewählte Vergrößerung betrifft, mit welcher Pander die Embryonen unter dem Mikroskop beobachtete, so lässt sich hierzu keine sichere Aussage treffen. Hierfür gibt es zwei Gründe. Zuerst gab Pander hier keine Referenz zur natürlichen Größe des Embryos an. Zusätzlich ist der Embryo hier realitätsgetreu mit umgebenden Eihäuten dargestellt und nicht wie auf den vorherigen Tafeln, welche den Embryo immer nur ausschnittsweise mit angrenzendem Fruchthof wiedergaben, sodass hiermit kein valider Vergleich gezogen werden kann

⁸⁶⁶ Ebd.: Stadium 12

⁸⁶⁷ Ebd.: Stadium 14

⁸⁶⁸ Ebd.: Aufgrund der Reichweite der Umschlagsfalte des Amnions, sowie der Anzahl der Somiten bei Panders Figuren lässt sich hier gut auf die Hamburger und Hamilton Stadien rückschließen, die diese Kriterien zum Datieren des Entwicklungszeitpunkts ebenso beinhalten, wie man hier nachlesen kann.

⁸⁶⁹ Pander 1817a, 37.

Fig. I.

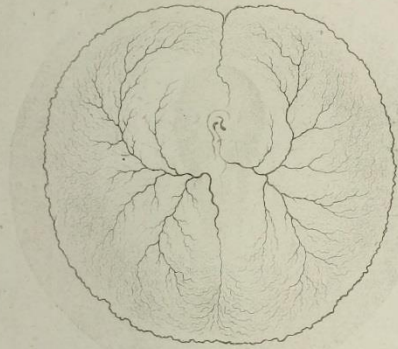


Fig. II.

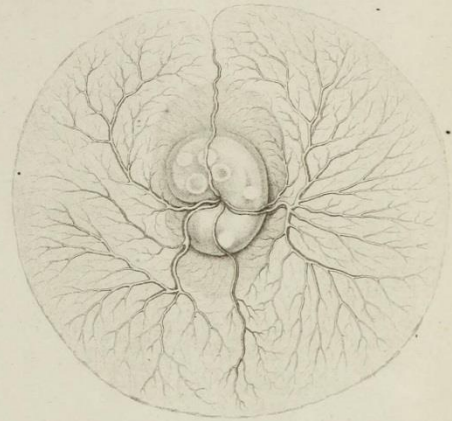


Fig. V.

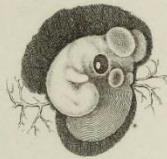


Fig. III.

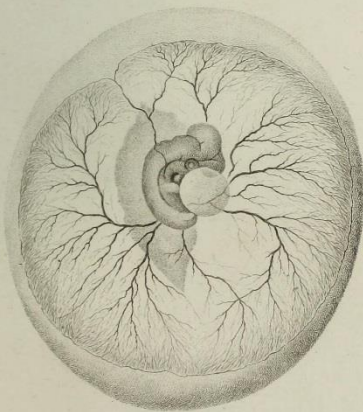


Fig. IV.

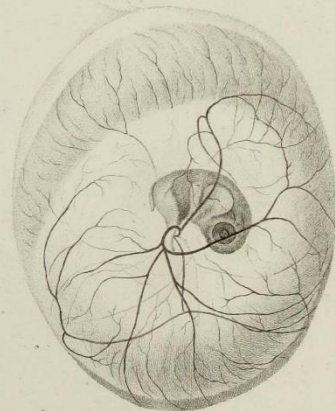


Abbildung 6: Tafel 6

Quelle: <https://wellcomelibrary.org/item/b28743969#?c=0&m=0&s=0&cv=74&z=-1.0916%2C-0.1165%2C2.9361%2C1.4856>; abgerufen am 10.06.19.

Die Figuren I und II stellen die Gefäße der Area vasculosa dar. Die Area vasculosa ist der Teil des Dottersacks, in welchem sich die extraembryonalen Gefäße bilden, welche aufgrund ihrer Funktion auch die omphalomesenterialen Gefäße genannt werden.⁸⁷⁰ Sehr genau sind in Figur II die Mündung der omphalomesenterialen Venen und Arterien in den Körper des Embryos zu sehen, sodass die extraembryonalen Gefäße der Area vasculosa Anschluss an den systemischen Körperkreislauf des Embryos selbst erhalten. Demnach transportieren sie Dotter aus dem Dottersack mit dem Blut zum Darmkanal des Embryos selbst. Von dort gelangt das Blut über das Herz in den systemischen Kreislauf des Embryos und sorgt so für dessen Ernährung.⁸⁷¹ Die Area vasculosa wird klar vom Sinus terminalis, nach Pander so benannt, begrenzt. Der Sinus terminalis ist in Figur I und II deutlich zu erkennen. Betrachtet man das um den Embryo geschlossene Amnion, welches in Figur II zu sehen ist, so sind die Figuren I und II auf das 18. Entwicklungsstadium zu datieren.⁸⁷² Beide Figuren beschrieb Pander völlig korrekt.

In seinen ‚*Beiträgen*‘ beschrieb er sowohl den anatomischen Aufbau der Gefäße der Area vasculosa als auch den Weg des Blutes, das es von den Dottersackgefäßen hin zum Herzen nahm, sehr anschaulich. Seine Beschreibungen decken sich hier völlig mit heutigen Erkenntnissen. Was die physiologische Funktion des omphalomesenterialen Kreislaufs betrifft, bleibt es fragwürdig, ob Pander diese vollständig durchschaute. Liest man seine Beschreibungen hierzu durch, so kann man annehmen, dass er davon ahnte, dass die Veränderungen des Dotters mit den Gefäßen der Area vasculosa zusammenhängen. *„Während die Entwicklung des Blut-Systems [vollständige Ausbildung der Area vasculosa] [...], vor sich gehet; erleidet auch der Dotter eine namhafte Veränderung: er löst sich auf, wird flüssig, und gerinnt nicht mehr, wenn man auch das bebrütete Ey kocht, verliert dabei seine gelbe Farbe, und nimmt eine graulich-weiße an. [...] Uebrigens ereignet sich diese Veränderung nur da, wo ihn die Keimhaut bedeckt, und*

⁸⁷⁰ Bellairs/Osmond 2014, 127.

⁸⁷¹ Ebd., 127–128.

⁸⁷² Ebd., 604.

*sie breitet sich in ihm nur durch die Vergrößerung dieser Membran aus; [...] zum deutlichen Beweise, daß die Auflösung nicht eine unmittelbare Folge der Einwirkung der Brutwärme sei, sondern mehr auf einem dynamischen Verhältnisse der Keimhaut zu ihm [Dotter] beruhe [...].*⁸⁷³ Außerdem erkannte schon sehr akkurat, dass die von der Dotterhaut kommenden Gefäße in das Mesenterium des Darms des Embryos ziehen, den Mastdarm ausgenommen. *„Indes zeigt der Erfolg fast mit unumstößlicher Gewißheit, daß diese Meinung nicht ungegründet sey, indem am sechsten, siebenten Tage, oder überhaupt, wann der Darmkanal geschlossen ist, deutlich die Gefäße der Gefäßhaut über den Mastdarm, ohne in dessen Wände einzudringen, unmittelbar in die Lamellen des Mesenteriums, die Fortsetzung der Gefäßhaut, verlaufen.*⁸⁷⁴ Allerdings war Pander noch nicht fähig, aus diesen beiden erstaunlich genauen und völlig korrekten Beobachtungen den Schluss zu ziehen, dass die Funktion der Area vasculosa im Transport des Dotters aus dem Dottersack hin zu den Gedärmen des Embryos bestand, um dessen Ernährung zu gewährleisten. Dennoch kam Pander mit seinen hier beschriebenen Beobachtungen bemerkenswert nah an diese These heran.

In Figur III zeigt sich erstmals am kaudalen Pol des Embryos die Blase der Allantois. Außerdem sind die Extremitätenknospen und die Unterteilung des Gehirns Prosencephalon und Rhombencephalon deutlich zu sehen, sowie sich die erste, unpigmentierte Anlage der Augen zeigt. Kaudal zeigt sich die entstehende Allantois. Hiernach befindet sich der Embryo der Figur III ungefähr im 19. Entwicklungsstadium.⁸⁷⁵

Figur IV zeigt einen Embryo, welcher bereits vom Amnion und von der Chorionallantois umgeben ist. Dies ist ab dem 24. Entwicklungsstadium der Fall, sodass man das Alter des Embryos der Figur IV ungefähr auf 4,5 Tage festlegen kann. Man erkennt die pigmentierten Augen und die Extremitätenanlagen. Beides benannte Pander nicht.

⁸⁷³ Pander 1817a, 21.

⁸⁷⁴ Ebd., 22.

⁸⁷⁵ Bellairs/Osmond 2014, 604-605: Vgl. hierzu die Beschreibungen der entsprechenden Hamburger und Hamilton Stadien.

Zusätzlich erkennt man das umgebende Gefäßnetz des Embryos, welches sich auf den extraembryonalen Membranen zu befinden scheint. So zeigen sich hier einerseits die Gefäße des Dottersacks, andererseits die Gefäße der Chorionallantois.

Insgesamt gesehen fiel Panders Beschreibung der Figuren dürftig aus. Außer den Gefäßen und den Eihäuten beachtete er hier keine weiteren, dennoch in den Figuren durchaus sichtbaren Strukturen. Was die Gefäße betraf, so benannte er hier den „*Sinus terminalis*, [...], *die Gefäße der Keimhaut*, [...], *die Gefäße der oberen Platte des Chorions [Allantois]*, [...], *und die Gefäße der untern Platte des Chorions [Allantois]*.“⁸⁷⁶ Außer den Gefäßen beschrieb er das Amnion, sowie er bei Figur III und V von der „*Blase des Chorions*“⁸⁷⁷ schrieb.

Was verstand Pander unter der „*Blase des Chorions*“⁸⁷⁸? Die Bildung des Amnions beschrieb Pander korrekt.⁸⁷⁹ Die Entstehung des heutigen Chorions verstand er ebenso, allerdings unterscheidet sich hierbei Panders Namensgebung von der heutigen.⁸⁸⁰ Panders „*Falsches Amnion*“⁸⁸¹ ist demnach das heutige Chorion. Nachdem er die Entstehung des Amnions und des Chorions, das falsche Amnion in Panders Text, übersichtlich dargelegt hatte, wandte er sich nun der Beschreibung der Allantois zu, welche er als Chorion bezeichnete.⁸⁸² „*Sobald das wahre Amnion, als den Fötus umgebende Blase, fast seine gänzliche Vollendung erreicht hat und die Bildung des Darmkanals so weit fortgeschritten ist, daß Oesophagus und Mastdarm deutlich zu erkennen sind und das Mesenterium geschlossen ist, entwickelt sich aus der untern Gegend des Fötus eine neue Blase, das Chorion. Es entspringt auf der vordern Wand des*

⁸⁷⁶ Pander 1817a, 37.

⁸⁷⁷ Ebd.

⁸⁷⁸ Ebd.

⁸⁷⁹ Bäumer-Schleinkofer 1993, 222.

⁸⁸⁰ Ebd.

⁸⁸¹ Pander 1817a, 24.

⁸⁸² Ebd., 23–25.

Mastdarms, bei seinem Uebergange in die Cloake, [...]. ⁸⁸³ Völlig korrekt erkannte er also den anatomischen Ursprung der Allantois. Anschließend beschrieb Pander die Fusion der Allantois mit dem Chorion zur Chorionallantois. Diesen Prozess so genau und anschaulich zu beschreiben, ist als eine große Leistung Panders zu werten.

Bei der Interpretation der Funktion dieser Strukturen hatte er allerdings erhebliche Verständnisschwierigkeiten, wie folgender Auszug beweist: „*Das falsche Amnion [Chorion], das sich vom wahren [Amnion] um diese Zeit fast ganz gelöst hat, findet in dem neuentstandenen Chorion [Allantois] einen neuen Anheftungspunkt, verwächst mit ihm und scheint hiedurch den seltsamen Irrthum veranlaßt zu haben, die Chorionblase [Allantois] als aus zwei Häuten gebildet zu betrachten, von denen die innere eine Allantois seyn sollte. Wir können versichern, daß in dem Eye keine Allantois ist; [...]. Außerdem giebt es keine Allantois im Eye der Vögel, mithin auch keinen zur Cloake führenden Urachus*“ ⁸⁸⁴. Als ersten Punkt erstaunt es doch sehr, dass Pander trotz seiner anatomisch korrekten Beschreibung der Allantois diese als Chorionsblase interpretierte. Aufgrund seiner völlig voreingenommenen Meinung, dass es in Vögeln generell keine Allantois und keinen Urachus gab, gelangte er hier zu einem falschen Schluss. ⁸⁸⁵ Dennoch geht hieraus hervor, dass er diesen Entwicklungsprozess genau beobachtet hatte. Sonst wäre es ihm nicht möglich gewesen, die komplexe Entstehung der extraembryonalen Membranen derart, rein anatomisch gesehen, übersichtlich und korrekt zu beschreiben.

Nachdem die Chorionallantois gebildet ist, dehnt sie sich aus, um sich eng an die Eierschale anzulegen. Indem viele Gefäße in die Membran einwandern wird so der Gasaustausch mit der Umgebungsluft durch die Eierschale hindurch gewährleistet. Wie weit verstand Pander die Funktion der Gefäße der Chorionallantois? „*Das Zusammenwachsens des Chorions [Allantois] mit dem falschen Amnion [Chorion] geht von einem*

⁸⁸³ Pander 1817a, 25.

⁸⁸⁴ Ebd., 25–26.

⁸⁸⁵ Bäumer-Schleinkofer 1993, 222.

*Punkte aus, und erstreckt sich bald über die ganze Fläche der Blase, wo dann beide Membranen nach und nach in eine verschmelzen. Hiebei verändert das Chorion [Allantois] seine ursprüngliche Gestalt, und geht aus dem engen Raume [...] heraus, um in immer fortdauernder [...] Ausdehnung den Fötus, seine Hülle und den Dotter zu umgeben, und auf diese Weise an die innere Fläche der Schaale sich anzulegen. [...] Auf dem Chorion [Allantois] verbreiten sich die allgemein bekannten, von Blumenbach und andern sehr gut abgebildeten Nabelgefäße.*⁸⁸⁶ Beschrieb Pander den omphalomesenterialen Kreislauf in seinem anatomischen Aufbau genauestens, so findet sich in seinen ‚Beiträgen‘, außer dem unpräzisen Verweis auf Blumenbachs Literatur, keine weitere Beschreibung der Art und Weise, wie die Gefäße auf der Chorionallantois verlaufen. Pander widmete der Darstellung des omphalomesenterialen Kreislaufs noch eine weitere, aufwendig gestaltete Tafel, nämlich die Tafel VIII.

Dies wirft die Frage auf, wie tiefgreifend Pander den Kreislauf der Chorionallantois untersuchte und verstand, insofern, dass er hier zwischen ersten und zweiten Kreislauf unterschied. Den omphalomesenterialen Kreislauf benannte Pander als den ‚Ersten Kreislauf‘⁸⁸⁷. Nachdem dieser sich zurückgebildet hatte, beschrieb Pander den ‚Zweiten Kreislauf [...] in welchem das Blut [...] zurück zum Fetus geleitet wird, später durch das Chorion [Allantois] kreist und endlich [...] in demselben eine abgeschlossene Vollendung erlangt.⁸⁸⁸ Folglich hatte Pander den Kreislauf der Chorionallantois durchaus beobachtet. Zwar hatte er auch erkannt, dass die Chorionallantois sich später nah an die Schale anlegte, doch verstand er eindeutig nicht, warum. Der Sinn der Vaskularisation der Chorionallantois ist der, dass durch die räumliche Nähe zwischen den Blutgefäßen und der durchlässigen Eierschale ein Gasaustausch stattfinden kann.

⁸⁸⁶ Pander 1817a, 26.

⁸⁸⁷ Ebd., 38.

⁸⁸⁸ Ebd.

Panders Beobachtungen waren hier viel zu unpräzise, um eine derart weitreichende Schlussfolgerung zuzulassen.

Des Weiteren muss angemerkt werden, dass die extraembryonalen Membranen auf eine realistische Art und Weise dargestellt sind, wie Pander sie wohl unter dem Mikroskop gesehen hatte. Weder die Bildung des Embryonalkreislaufs noch die Bildung und das Verhältnis der Eihäute untereinander werden hieraus so ersichtlich, dass man sich das Verständnis hierzu erschließen könnte.⁸⁸⁹ Auch Lorenz Oken stellte dies in seiner Rezension zu Panders embryologischen Werk fest.⁸⁹⁰ Zu dem Abschnitt, in welchem Pander den Schluss der Primitivfalten beschrieb, meinte er: „*Man kann natürlich darüber nichts sagen; denn gesehen und nicht gesehen ist ein Unterschied. Wir müssen daher wünschen, daß hievon nicht Zeichnungen allein nach der Natur (denn die lehren nichts), sondern ideale gemacht werden. [...]. Die Abbild., welche wir haben (es fehlen uns nemlich die idealen) eröffnen uns daß Verständniß nicht.*“⁸⁹¹ Hieraus wird deutlich, dass sich schematisierte Zeichnungen, wie Pander sie in seiner ‚*Tafel der Durchschnitte*‘ verwand,⁸⁹² besser eigneten, um die verschiedenen Strukturen übersichtlich und nachvollziehbar dazustellen.

Dafür ist es umso erstaunlicher, welche Details D’Alton auf den realitätsnahen Figuren der Tafel VI zu zeichnen vermochte. Besonders Figur V ist hierfür ein sehr gutes Beispiel. Denn bei der genaueren Betrachtung dieser sehr akkurat illustrierten Figur fällt auf, dass hierauf die Gliederung der Hirnblasen, das Herz, die beginnende Fusion der Chorionallantois, sowie die Extremitätenanlagen genau zu erkennen sind. Gerade die dargestellten Strukturen des sich entwickelnden Gehirns sind erstaunlich genau geraten. In Figur V sieht man die beginnende Unterteilung des Gehirns in die beiden

⁸⁸⁹ Oken 1817, 1533: Vgl. hierzu Okens Kommentar zu Panders ‚*Dissertatio*‘ und den zehn nummerierten Kupfertafeln.

⁸⁹⁰ Ebd., 1533: Oken forderte stark schematisierte Zeichnungen, anstatt naturgetreuer Abbildungen, da aus den letzteren die Strukturen für den Betrachter nicht verständlich wären.

⁸⁹¹ Ebd.

⁸⁹² Pander 1817a, Tafel der Durchschnitte: S. hier zur schematischen Darstellung des Amnions.

Hemisphären des Telencephalons, sowie sich das Diencephalon und Mesencephalon abgrenzen lassen. Die Augen des Embryos sind ebenso zu sehen und bereits pigmentiert.⁸⁹³ Dies erlaubt, das Alter des Embryos ungefähr dem 24. Entwicklungsstadium zuzuordnen, welches ab einem Alter von 4,5 Tagen erreicht wird.⁸⁹⁴ Keines der obengenannten Details findet sich allerdings in der Beschreibung Panders.⁸⁹⁵ Wie bereits gezeigt, hatte Pander die Bildung des Gehirns in seiner Arbeit nicht tiefer behandelt. Daraus folgt, dass die abgebildeten Strukturen in Figur V auf die genaue Beobachtungsgabe D'Altons zurückzuführen sind.⁸⁹⁶

vii. Tafel VII

Bereits unter der Analyse der Tafel II wurde herausgearbeitet, dass Pander den Herzschnlauch, die Kopfscheide und den Vorderdarm nicht genau der Keimschicht, aus der sie tatsächlich abstammten, zuordnen konnte. Laut Pander enthält Tafel VII „*eine Zusammenstellung von Embryonen, an welchen sich die Entwicklung des Herzens aus den Falten der Kopfscheide bis zur Ausbildung seiner natürlichen Form zeigt.*“⁸⁹⁷ Insgesamt sind acht Figuren abgebildet. Die hier gewählte Vergrößerung liegt für Figur I bis V bei ungefähr 5facher Norm. Figur VII, welche laut Pander „*willkürlich sehr stark vergrößert*“⁸⁹⁸ ist, ist in ungefähr 10facher Norm abgebildet.

⁸⁹³ Bellairs/Osmond 2014, 93.

⁸⁹⁴ Ebd., 605.

⁸⁹⁵ Churchill 1991, 5: Wie bereits angemerkt, beschrieb Pander in beiden Versionen seiner embryologischen Forschungsarbeit nur sehr rudimentär die Hirnentwicklung. Daher konnte er noch nichts von der heute gängigen Einteilung des Gehirns des Vogelembryos wissen.

⁸⁹⁶ Ebd., 4–5.

⁸⁹⁷ Pander 1817a, 37.

⁸⁹⁸ Ebd., 38.

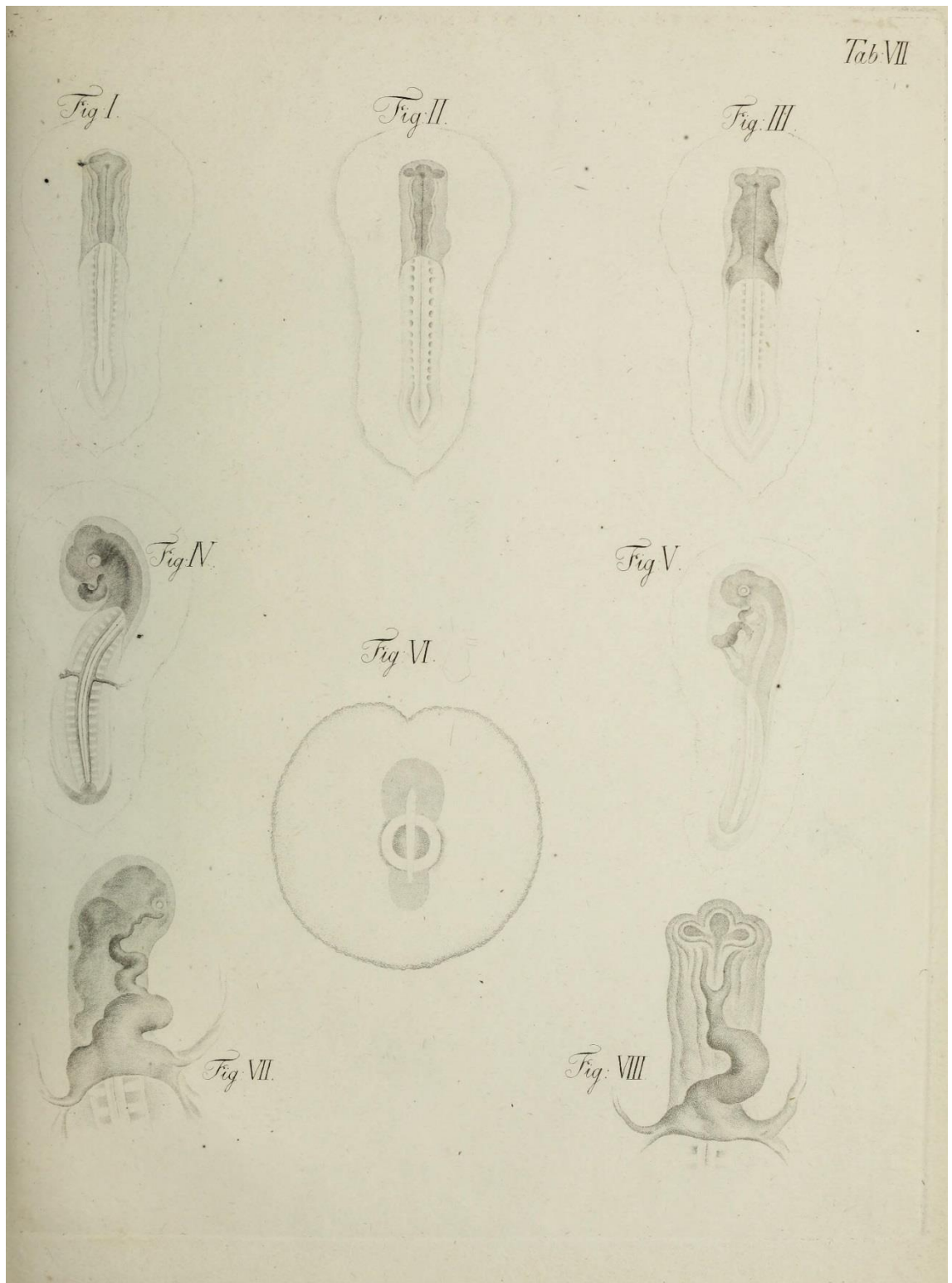


Abbildung 7: Tafel VII

Quelle: <https://wellcomelibrary.org/item/b28743969#?c=0&m=0&s=0&cv=78&z=-1.0916%2C-0.1165%2C2.9361%2C1.4856>; abgerufen am 10.06.19.

Die Figuren I bis III zeigen schematisch einen Sagittalschnitt durch einen Embryo. Man erkennt die Kopfscheide, die sich halbmondförmig umschlägt. Auch der Herzkanal und die Falten des Endoderms lassen sich erkennen, allerdings sind sie fälschlicherweise nicht getrennt dargestellt, sondern gehen vielmehr ineinander über. Darüber hinaus sind die Hirnbläschen in ihrer grundlegenden Form abgebildet, sowie die Chorda dorsalis mit den benachbarten Somiten. Die ersten drei Embryonen befinden sich demnach ungefähr im 10. Entwicklungsstadium.⁸⁹⁹ Figur IV und V zeigen einen Embryo im Längsschnitt, wodurch der Herzschlauch gut zu erkennen ist. Aufgrund der Form des Herzkanals sind beide Figuren am ehesten dem 12. Entwicklungsstadium zuzuordnen.⁹⁰⁰ Dennoch gilt auch für diese beiden Figuren, dass Herzkanal, Darmfalten und Kopfscheide nicht klar voneinander abzugrenzen sind.

Zusammengenommen mit Panders Beschreibung zu Figur I wird hier eindeutig, dass er nicht im Stande war, die Bildung des Herzkanals aus dem Mesoderm, die Bildung des Vorderdarms aus dem Endoderm getrennt von der Entstehung der ektoderma- len kopfscheide zu beobachten. „*c, der untere Rand der Kopfscheide, welche bei d die Intestinalfalten bildet. [...] f, die beiden Falten der innern Seite der Kopfscheide, welche in der Folge das Herz bilden.*“⁹⁰¹ Hieraus geht eindeutig hervor, dass Pander fälschlicherweise die Kopfscheide mitsamt des Vorderdarms und des Herzkanals als eine zusammenhängende Struktur betrachtete. Es ist anzunehmen, dass Pander zwar davon ahnte, dass die Kopfscheide aus dem Ektoderm gebildet wurde, jedoch gelangte er hier zu keinem einschlägigen Verständnis, wie bereits bei der Analyse der Tafeln II und III gezeigt worden ist.⁹⁰²

Zur Darstellung der Herzentwicklung sind besonders die Figuren VII und VIII relevant, die die Prozesse widerspiegeln, die sich zwischen dem Stadium 10, welchem

⁸⁹⁹ Bellairs/Osmond 2014, 604.

⁹⁰⁰ Ebd.

⁹⁰¹ Pander 1817a, 37.

⁹⁰² Adelman 1966b, 1430–1431.

die Figur VII zuzuordnen ist, und dem Stadium 13, entsprechend in Figur VIII zu finden, abspielen.⁹⁰³ Hierbei verlagert sich das Herz zunächst nach rechts, um im weiteren Verlauf eine Schleife zu drehen, sodass der Ventrikel ventral zu liegen kommt.⁹⁰⁴ Der Beginn dieses Prozesses wird hier eindeutig auf Panders Bildern dargestellt, was er aber überhaupt nicht beschriftet hat.⁹⁰⁵ Liest man hingegen genau in seinen ‚*Beiträgen*‘ nach, so fällt unter Paragraph 12 zur Bildung der Herzsleife folgende Beschreibung Panders auf: *„Zwischen der fünfzigsten und sechzigsten Stunde aber, nachdem der Kanal eine, mit Unrecht von Haller geleugnete, Wendung gemacht hat, sieht man ihn deutlich sich in eine aufsteigende Arterie verlängern.“*⁹⁰⁶ Das Zeitfenster, in welchem der Herzkanal rotiert ist eben von der 48. bis zur 56. Stunde. Danach ist die Herzsleife normalerweise vollständig ausgebildet.⁹⁰⁷ Dies mag für den Leser mit heutigem Wissensstand über die embryonale Herzentwicklung erschließbar sein, doch die oberflächliche Beschreibung dieses Prozesses und die unzusammenhängende, lückenhafte, graphische Darstellung des Entwicklungsvorgangs werden es interessierten Naturforschern um 1817 kaum erlaubt haben, diesen Vorgang auf der Basis von Panders Darstellung zu verstehen. Hinzu kommt noch, dass Pander vorab in den Figuren I bis V nicht gelungen war, den Ursprung der Herzanlage differenziert zu zeigen und zu beschreiben.

So äußerte sich Oken, wie folgt zu Panders Beschreibung der Kopfscheide, des Vorderdarms und der Bildung des Herzens,⁹⁰⁸ aus einer schlauchförmigen Anlage in dieser Region: *„Mit der Verlängerung der Faltung geht es nun so fort, und es wird endlich auch der vordere Leib geschlossen, der vorher wie ein Graben offen gewesen. – Das Herz entsteht; nach 6 Stunden wird das Blut roth. Wie entsteht das Herz?“*⁹⁰⁹

⁹⁰³ Bellairs/Osmond 2014, 604.

⁹⁰⁴ Ebd., 54–55.

⁹⁰⁵ Pander 1817a, 37–38.

⁹⁰⁶ Ebd., 18: *„Durch Umschlagen, stellenweise Verschnürung, in sich Zurückziehen und Ausdehnung seiner Wände geht nun dieser Kanal in das vollkommen ausgebildete Herz über.“*

⁹⁰⁷ Bellairs/Osmond 2014, 604.

⁹⁰⁸ Pander 1817b, 37–38.

⁹⁰⁹ Oken 1817, 1534.

Hiernach gab Oken Panders Beschreibungen zur 42. Stunde aus der ‚*Dissertatio*‘ wieder, in welcher Pander die Entwicklung der Kopfscheide beschrieb, die sich anschließend hinter dem Herz in zwei Schenkel teilte, um direkt in den Oesophagus zu führen. „*Verstehen wir nicht, wie den Wolff. Und wenn wir es sehen, so verstehen wir es nicht. Wir möchten doch wissen, ob daß jemand versteht.*“⁹¹⁰

viii. Tafel VIII

Auf die Tafel VIII soll hier nur kur eingegangen werden, da sie zwar künstlerisch sehr schön ausgestaltet ist, aber aus ihr wenig neue, wissenschaftliche Erkenntnisse gezogen werden können. Sie liefert ein naturgetreues Bild in 20facher Vergrößerung des Embryos im Stadium 14, nach Hamburger und Hamilton datiert.⁹¹¹ Dabei findet sich die gesamte Area vasculosa hier wiedergegeben. Man erkennt den umgrenzenden Sinus terminalis, welcher in die paarige aufsteigende Vene und in die singuläre, absteigende Vene mündet. Alle drei Venen vereinigen sich zu einem kurzen, gemeinsamen Venenstamm, ehe sie in das Herz münden. Sehr klar sind hierauf die Arterien der ersten beiden Kiemenbögen zu erkennen, wie sie anschließend in die Aorta münden. Die Aorta teilt sich später in zwei Äste, von welcher die beiden Hauptstämme der Area vasculosa abgehen. Auch die Strukturen des Herzkanals sind deutlich zu definieren. Mittlerweile ist der Ventrikel des Herzens vor dem atrioventrikulären Kanal zu liegen gekommen.

⁹¹⁰ Ebd., 1534–1535.

⁹¹¹ Bellairs/Osmond 2014, 604.

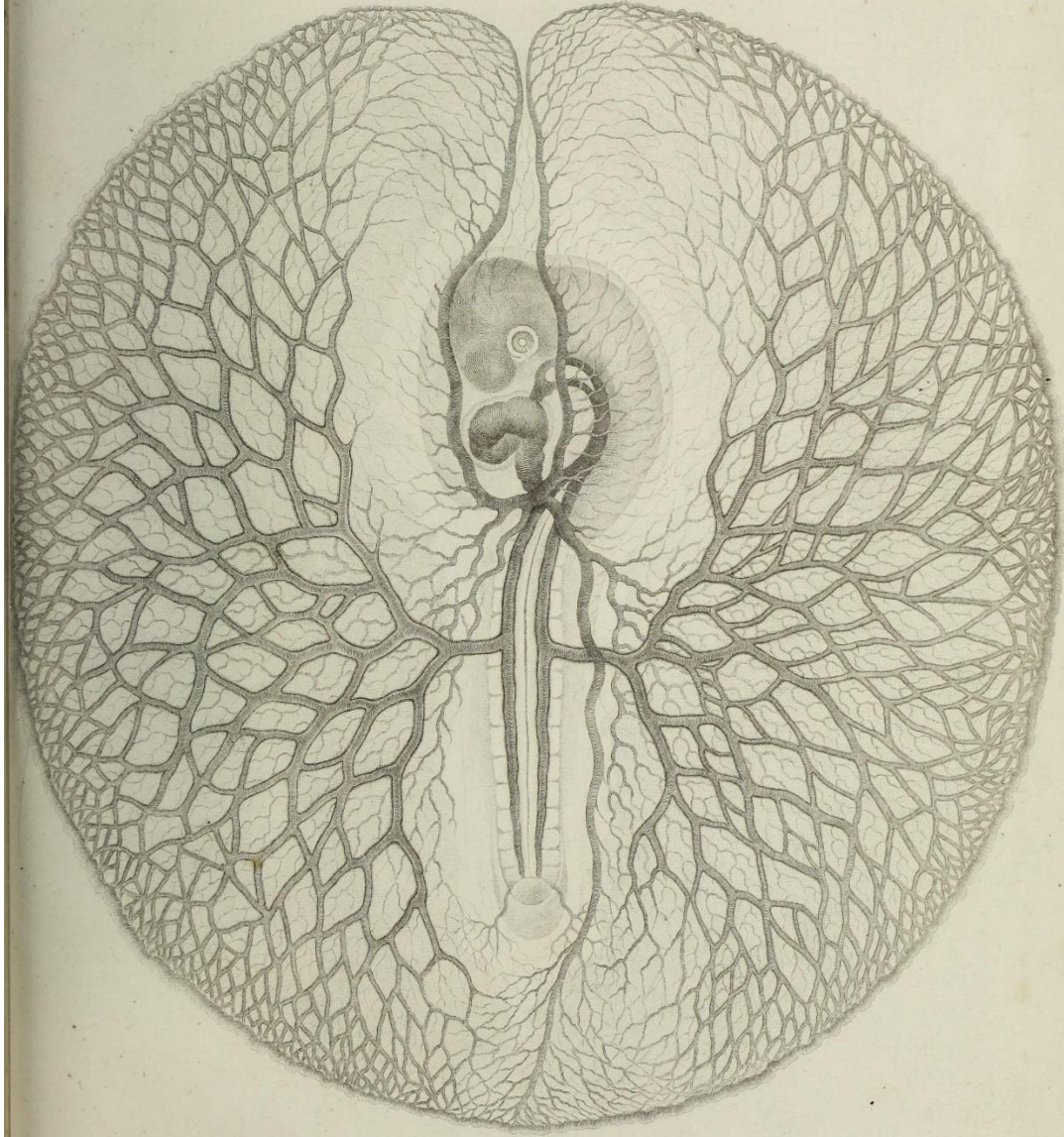


Abbildung 8: Tafel VIII

Quelle: <https://wellcomelibrary.org/item/b28743969#?c=0&m=0&s=0&cv=82&z=-1.0916%2C-0.1165%2C2.9361%2C1.4856>; abgerufen am 10.06.19.

Pander wollte anhand dieser Tafel ursprünglich den Aufbau des Gefäßnetzes zeigen. Ein wesentlicher Punkt entging Pander und D’Alton hier allerdings. So sind die Bogenarterien auf beiden Körperhälften des Embryos angelegt, sowie man hier nach heutigem Wissensstand die Darstellung einer ventralen und dorsalen Aortenanlage erwarten würde, die eben durch die Bogenarterien verbunden wird.⁹¹² Die Bogenarterien stellen hierbei die zugehörigen Gefäße zu den Kiemenbögen da, von denen sich insgesamt fünf bis sechs in der Embryonalentwicklung ausbilden.⁹¹³ Die Kiemenbogenarterien verkannte Pander hier als „[...] die beiden Bogen des Herzens, welche sich [...] in der absteigenden Aorta vereinigen.“⁹¹⁴ Auch die paarige Anlage der Aorta im Bereich des Herzens wird hier nicht dargestellt. Vielmehr zeigt sich hier nur ein singulärer Gefäßkanal, in welchen die Bogenarterien münden. Die paarige Anlage der dorsalen Aorta verschmilzt erst ab Stadium 15 zu einem singulären Gefäßstamm.⁹¹⁵ Da sich der hier abgebildete Embryo aber im Stadium 14 befindet, könnte man erwarten, dass die paarige Anlage der Aorta in dieser Figur wiedergegeben ist. Offensichtlich gelang es Pander und D’Alton aber nicht, die ventrale und dorsale Aorta mit den verbindenden Kiemenbogenarterien genau genug zu untersuchen. So erkannten sie auch nicht die paarige Anlage der dorsalen Aorta. Hier muss hinzugefügt werden, dass Pander generell noch nichts von der Entwicklung der Kiemenbögen gewusst hatte, sodass er sie als bloße Gefäßanlagen der Aorta beschrieb.⁹¹⁶ Erst sein Studienfreund Karl Ernst von Baer sollte, nach wiederholten Studien am Hühnerembryo, die Kiemenbögen mit ihren zugehörigen Strukturen beschreiben.⁹¹⁷

⁹¹² Ebd., 60–62.

⁹¹³ Ebd., 80.

⁹¹⁴ Pander 1817a, 38.

⁹¹⁵ Bellairs/Osmond 2014, 60.

⁹¹⁶ Ebd., 80–81; 112: Es gibt drei bis vier Kiemenbögen im Vogelembryo, aus denen sich der muskuloskelettale Halteapparat des Halses entwickelt. Jeder Bogen ist von einem eigenen Aortenbogen und einem Hirnnerven begleitet, wobei die Bogenarterie die dorsale mit der ventralen Aorta verknüpft.

⁹¹⁷ Bäumer-Schleinkofer 1993, 230: S. hier Zu Baers Beschreibung der Kiemenbögen

ix. Tafel IX

Die Figuren der Tafel IX zeigen erneut die Eihäute des Embryos, mit ihren zugehörigen Gefäßen in Figur. Über die gewählte Vergrößerung lässt sich hier keine valide Zuordnung treffen, da jede Figur hier offensichtlich in einem verschiedenen Maßstab abgebildet ist und sich keine Referenzangaben hierzu finden. Die Art und Weise, wie der Embryo in seinen Eihäuten eingeschlagen zu sehen ist, lässt sich nicht mit vorherigen Tafeln vergleichen.

Die ersten beiden Figuren sind naturgetreue Abbildungen des Embryos, wie er sich im Amnion eingehüllt findet. Am kaudalen Pol erkennt man bereits die sich bildende Allantois. In der Kopfregion schimmert die Untergliederung des Gehirns in Prosencephalon und Rhombencephalon durch, sowie die pigmentierten Augen zu erkennen sind. In Figur I zeichnen sich deutlich die ersten zwei Kiemenbögen ab. Die Extremitätenanlagen sind noch kurz und plump, dennoch schon deutlich sichtbar. Demnach sind die ersten beiden Figuren dem 21. Entwicklungsstadium zuzuordnen und demnach ungefähr 3,5 Tage alt.⁹¹⁸ Pander beschriftete hier lediglich die offensichtlichen Strukturen des Embryos, wie Gefäße, Amnion und Allantois. Letztere bezeichnete er fälschlicherweise wieder als Chorion. Auf die sichtbaren Hirnstrukturen ging er nicht ein.

⁹¹⁸ Bellairs/Osmond 2014, 605.



Abbildung 9: Tafel IX

Quelle: <https://wellcomelibrary.org/item/b28743969#?c=0&m=0&s=0&cv=86&z=-1.0916%2C-0.1165%2C2.9361%2C1.4856>; abgerufen am 10.06.19.

Die Figur III thematisiert, zusammen mit ihren zugehörigen Ausschnitten A und B, die Herzentwicklung. In der eigentlichen Figur III erkennt man deutlich den vollständig rotierten Herzschauch, in dessen unteren Ende der gemeinsame Venenstamm mündet, welcher sich vorab aus den auf- und absteigenden Venen der Area vasculosa gebildet hat. Am kranialen Pol geht das Herz in den Bulbus aortae über, aus welchem drei Kiemenbogenarterien entspringen, die in ein einzelnes Gefäß, die Aorta, münden. Diese teilt sich kaudal in zwei dorsale Hauptstämme und gibt die arteriellen Äste ab, welche zur Area vasculosa ziehen. Am unteren Ende des Embryos sieht man deutlich die blasenförmige Allantois, welche bereits von zarten Gefäßen durchzogen wird. Der gesamte Embryo ist vom Amnion umgeben. Auch hier lässt sich die Untergliederung des Gehirns erahnen, wenngleich dies hier nicht definitiv zu erkennen ist. Dafür ist die pigmentierte Augenpartie deutlich zu sehen.

Was die Ausschnitte A und B betrifft, so sind hier eindeutig drei Kiemenbogenarterien zu sehen. Wie in der vorherigen Tafel schon beschrieben, verstand Pander die Funktion dieser Gefäße nicht. Er beschrieb sie lediglich, wie auch hier, als Arterienbögen. Was die Aorta betrifft, so ist diese korrekt dargestellt, da sich der Embryo im 21. Entwicklungsstadium befindet, in welchem die beiden dorsalen Stämme der Aorta bereits zu einem Gefäß fusioniert sind.⁹¹⁹

Man erkennt deutlich die vollständig rotierte Herzschleife und die Kiemenbogenarterien,⁹²⁰ die Pander mit anatomischen Bezeichnungen versah.⁹²¹ Die Beschriftung seiner Bildtafeln ist hierbei weniger genau, als die anatomische Erläuterung in

⁹¹⁹ Ebd., 60.

⁹²⁰ Wie bereits erwähnt, verkannte Pander die Kiemenbogenarterien als Bestandteile der Aorta und verstand nichts von deren Bedeutung für die Embryonalentwicklung. Erst sein Studienfreund Karl Ernst von Baer sollte dies entdecken. Vgl. Hierzu Bäumer-Schleinkofer 1993, 230.

⁹²¹ Pander 1817a, 39: Bei der Beschriftung der Figur III, Ausschnitt A benannte Pander nur die Stelle, an welche die Venen ins Herz eintreten, die Spitze des Herzens und den Aortenbulbus.

seinen Beiträgen.⁹²² So spricht er in seinen Erläuterungen zu den Ausschnitten A und B nur von Arterienzweigen und Venenzweigen, welche in das Herz münden, sowie von der Aorta und von ihren zwei Hauptästen.

Auf Tafel VII hatte Pander den Ursprung des Herzkanals dargestellt. Außerdem konnte zeigte Tafel VII den Herzschlauch bevor er begann, sich zur Herzschleife zu drehen. Zusammengenommen mit seinen Figuren der Tafel VII könnte man eine grobe Vorstellung erlangen, was Pander mit „*der Wendung*“⁹²³ des Herzens meinte. Da er aber der Herzentwicklung keine eigene, zusammenhängende Darstellung widmete, blieb dem interessierten Leser nichts anderes übrig, als sich die chronologische Abfolge der einzelnen Schritte selbst zu erarbeiten.

Figur IV ist laut Pander schon „*sehr weit ausgebildet*“⁹²⁴. Eine genaue Datierung ist hier allerdings nicht mehr möglich, da das Hühnchen nur makroskopisch von außen abgebildet ist und eine Bewertung der Organentwicklung anhand der Hamburger und Hamilton Kriterien daher nicht möglich ist. Da sich die Chorionallantois bereits um das Hühnchen geschlossen hat und die Extremitätenanlagen deutlich ausgebildet sind, kann man aber festlegen, dass sich der Embryo hier jenseits des 24. Entwicklungsstadiums befindet, also über 4,5 Tage alt ist.⁹²⁵ Die hier sichtbaren Strukturen beschriftete Pander korrekt.

Figur V zeigt die „*Verbindung des schon ganz ausgebildeten Hühnchens mit dem Dotter.*“⁹²⁶ Hierauf sind der Ductus vitellointestinalis, das Ligamentum vitellointestinale und die Gefäße der Dotterhaut und der Chorionallantois zu sehen. An neuen

⁹²² Pander 1817a, 18: Unter Paragraph 12 schließlich unterteilte Pander den Herzkanal in den Venensack, oder Sinus venosus, den Ventrikel, und in die Aortenzwiebel, oder den Bulbus aortae. Im weiteren Verlauf beschrieb er die Bildung des Canalis auricularis und den Ventrikel, wie er sich durch das Fretrum mit dem Bulbus aortae verband.

⁹²³ Ebd., 17.

⁹²⁴ Ebd., 39.

⁹²⁵ Bellairs/Osmond 2014, 605.

⁹²⁶ Pander 1817a, 39.

Strukturen beschrieb Pander hier lediglich den Ductus vitellointestinalis. Die Funktion dieses Gangs erkannte Pander allerdings nicht, in seinen ‚*Beiträgen*‘ findet sich lediglich die Annahme, dass der Ductus aus abgestorbenen Venen bestünde.⁹²⁷ Heute ist dieser Gang unter dem Namen Ductus omphaloentericus bekannt und stellt die Verbindung zwischen dem Dotter und dem Darm des Vogelembryos her, um dessen Ernährung zu gewährleisten.⁹²⁸

Zweifelsfrei widmete Pander der Darstellung der Gefäße einen erheblichen Anteil der beigelegten Tafeln. Im Vergleich zu anderen Strukturen, wie dem Gehirn, oder dem Herz, kam den Gefäßen des Embryos mehr Aufmerksamkeit in ihrer graphischen Darstellung zu, als es nötig gewesen wäre. Dafür fiel die Erläuterung der Entwicklungsprozesse der obengenannten Organsysteme allerdings zu kurz und unübersichtlich aus, sodass es dem damaligen Leser nur sehr schwer gelang, Panders Ergebnisse nachzuvollziehen.⁹²⁹ Eben dieser Kritikpunkt zeigte sich sehr ausdrucksstark in der Reaktion des Naturforschers Lorenz Oken. Deshalb soll die Diskussion Panders Arbeit in Okens Zeitschrift ‚*ISIS*‘ gesondert dargestellt werden,⁹³⁰ um beispielhaft zu verdeutlichen, wie schwer begreiflich diese bahnbrechenden Erkenntnisse für die Wissenschaftswelt des beginnenden 19. Jahrhunderts waren.

x. Tafel X

Da der Inhalt der Tafel X nicht für das Verständnis Panders embryologischer Studien und deren Ergebnisse relevant ist, soll hierauf nur kurz eingegangen werden. Sie umfasst insgesamt neun Figuren, wobei die ersten acht erneut, diesmal stärker

⁹²⁷ Pander 1817a, 26.

⁹²⁸ Paululat/Purschke 2011, 161: Der Ductus omphaloentericus stellt eine Verbindung zwischen dem Dotter und dem Mitteldarm, während der Embryonalentwicklung bei Vögeln, Reptilien und Fischen, her.

⁹²⁹ Oken 1817, 1533–1536: Hierbei lobte Oken die Ergebnisse der Forscher zu den Gefäßen und beteuerte sein Verständnis. Gerade aber die Entwicklung des Neuralrohrs aus den Primitivfalten und die Entwicklung des Herzens aus einem Schlauch gab er an, überhaupt nicht zu verstehen.

⁹³⁰ Ebd., 1529–1540: Vgl. hierzu Okens Kritik zu Panders Dissertation, veröffentlicht in seiner Zeitschrift *ISIS*.

vergrößerte, Ausschnitte des embryonalen Gefäßnetzes wiedergeben. Leider gab Pander hier keinen Maßstab an, sodass über die gewählte Vergrößerung des Mikroskops nur gemutmaßt werden kann. Wie bereits unter dem Punkt der Anwendung des Mikroskops bei Pander dargestellt, kann man grob auf die hier gewählte Vergrößerung zurückrechnen, sodass die maximale Vergrößerung hier ungefähr dem 50fachen der Norm entspricht. Die neunte Figur zeigt aller Wahrscheinlichkeit die Anlage der Somiten und nicht die Wirbelsäule, wie Pander die Figur IX betitelte.⁹³¹

Abbildung 10: Tafel X

Quelle: <https://wellcomelibrary.org/item/b28743969#?c=0&m=0&s=0&cv=90&z=-1.0916%2C-0.1165%2C2.9361%2C1.4856>; abgerufen am 10.06.19.

xi. Tafel der Durchschnitte

Auch in heutigen Lehrbüchern der Embryologie ist es eine gängige Methodik, anhand einfacher Graphiken die Gewebeblätter, aus welchen sich seine Organe und extraembryonalen Membranen entwickeln, verständlich darzustellen.⁹³² Führt man sich vor Augen, wie neu Panders Modell war, die Entstehung des Embryos durch Membranen zu erklären, so bedurfte es mehr denn je einer übersichtlichen, graphischen Darstellung. Hierauf sollten die Gewebeblätter und die Art und Weise, wie sie den Körper des Embryos formten, schematisch dargestellt werden. Auch Lorenz Oken, der zu den embryologisch interessierten und engagierten Naturforschern gehörte,⁹³³ forderte eine vereinfachte Darstellung, auf dem eben diese Prozesse erkenntlich wurden, nachdem er Panders Werk studiert hatte.⁹³⁴ Folglich fügte Pander die Tafel der Durchschnitte an seine

⁹³¹ Pander 1817a, 40.

⁹³² Bellairs/Osmond 2014, 80: S. beispielsweise Abbildung 52, auf der das Verhältnis der Keimblätter im Bereich des Pharynx dargestellt ist.

⁹³³ Gerabek 2001, 58.

⁹³⁴ Oken 1817, 1533: Vgl. hierzu Okens Forderung nach schematisierten Darstellungen für ein besseres Verständnis.

deutsche Veröffentlichung an. Zu Recht nannte Adelman diese Tafel Panders als revolutionär, mag sie auch ein tieferes Verständnis der Embryonalentwicklung voraussetzen, um sie hinreichend zu verstehen.⁹³⁵

⁹³⁵ Adelman 1966b, 1224–1225.

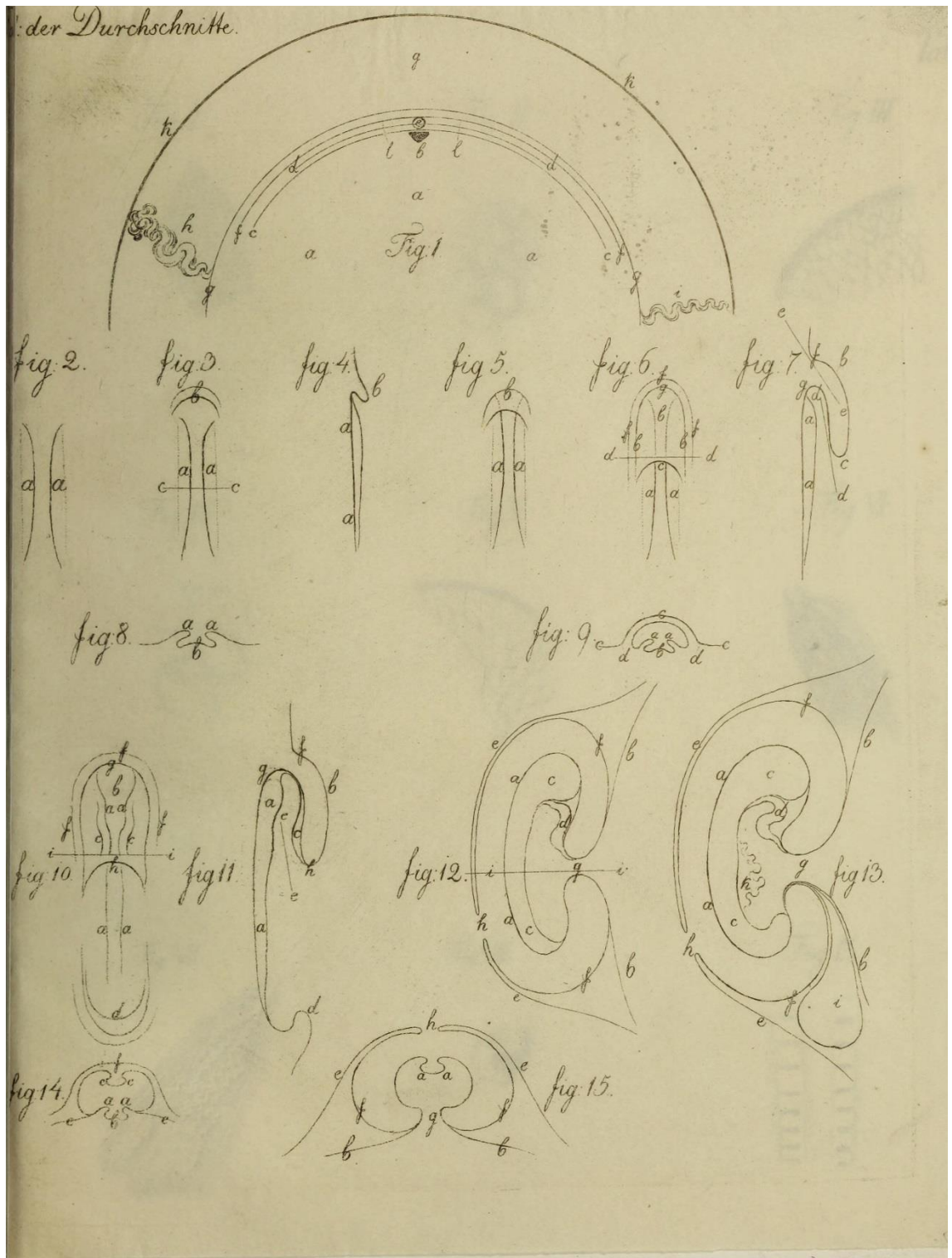


Abbildung 11: Tafel der Durchschnitte

Quelle: <https://wellcomelibrary.org/item/b28743969#?c=0&m=0&s=0&cv=88&z=-1.0916%2C-0.1165%2C2.9361%2C1.4856>; abgerufen am 10.06.19.

Figur 1 zeigt einen Querschnitt durch den Dotter des Eis, sodass man den aufliegenden Hahnentritt, bestehend aus dreiblättriger Keimscheibe und den Kern des Hahnentritts erkennt. Dies beschriftete Pander korrekt und es wird deutlich, wie sich der Hahnentritt und die Dotterhaut mitsamt der Dotterkugel in ihrer topographischen Lage zueinander verhalten.

Die anschließenden Figuren 2 bis 7 zeigen die Primitivfalten und wie sich an ihrem kranialen Ende beginnt die Kopfscheide zu bilden. Im Längsschnitt der Figuren 4 und 7 erkennt man sehr schön, wie sich die Kopfscheide von oben herabwachsend über die Primitivfalten stülpt und so dazwischen ein Raum entsteht. Figur 3 und Figur 7 finden sich im Querschnitt noch einmal abgebildet, in den Figuren 8 und 9. Hieraus wird der Raum zwischen Kopfscheide und Neuralrohr deutlich erkennbar, in welchem sich später der Vorderdarm und das Herz entwickeln werden. Auch diese Figuren beschriftete Pander richtig und sie tragen maßgeblich dazu bei, dass sich der Leser die Lageverhältnisse und morphologischen Veränderungen der Kopfscheide besser vorstellen kann.

Figur 10 und 11 sind sehr interessant, da in dem Raum zwischen Kopfscheide und Neuralrohr sich das Herz zu entwickeln beginnt. Eindeutig getrennt vom Blatt der Kopfscheide ist hier die erste, primitive Anlage des Herzschlauchs zu erkennen. Dennoch beschriftete Pander dies wieder so, dass man davon ausgehen muss, dass er von einem kontinuierlichen Übergang der Kopfscheide in den Herzkanal ausging. In seiner Erläuterung zu Figur 11 schrieb er: *„b, das obere Blatt der Kopfscheide. c, die Falten des untern Blattes derselben, welche das Herz bildet.“*⁹³⁶

In der Figur 13 auf seiner Tafel der Durchschnitte sind die Eihäute, die Allantois und der offene Darmkanal mit Mesenterium, der mit dem Dottersack in Verbindung steht, so übersichtlich dargestellt, dass man dies in einem modernen Lehrbuch verwenden könnte. Das einzige Manko hierbei ist, dass aus der Abbildung und Beschreibung

⁹³⁶ Pander 1817a, 41.

nicht gänzlich ersichtlich wird,⁹³⁷ welche Teile sich genau aus welcher Membran entwickeln. Gerade der Bereich der Kopfscheide und die darunter liegende Region sind komplex aufgebaut, wobei es Panders graphischer Darstellung und zugehöriger Beschreibung nicht gelingt, dies abzubilden.⁹³⁸

Figur 14 und Figur 15 zeigen erneut einen Querschnitt des Raums zwischen Neuralrohr und Kopfscheide. In Figur 14 ist hier zu sehen, wie das innen gelegene Mesoderm die Falten des Herzens bildet. Daher ist davon auszugehen, dass Pander mit dem unteren Blatt der Kopfscheidewohl das Mesoderm meinte.⁹³⁹ Er konnte hierbei nicht differenzieren, dass die zweiblättrige Kopfscheide aus dem Ektoderm entstand. Dies ist sehr schwierig zu bewerkstelligen, denn das Mesocardium wandert anschließend erst in diesen Raum ein, um sich so eng an das innere Blatt der Kopfscheide zu pressen, dass es nur bei sehr genauer Betrachtung möglich ist, die beiden Blätter voneinander zu differenzieren.⁹⁴⁰ Auch die Tatsache, dass der endodermale Vorderdarm als Schlauch innerhalb der ektodermalen Leibeshülle zu liegen kommt, wird aus Figur 15 nicht ersichtlich. Hier ist sowohl die Darstellung der Figur nicht genau genug gezeichnet als auch Panders Beschreibung diese nicht deutlich hervorhebt.

Wie bereits bei der Analyse der Tafel II und III herausgearbeitet wurde, entging Pander das exakte Verständnis der Keimblattverhältnisse der Kopfscheide, des Vorderdarms und des Herzens. So findet sich auch auf der Tafel der Durchschnitte keine exakte Darstellung der Tatsache, dass die Kopfscheide dem Ektoderm entwächst, der Vorderdarm, aus dem Endoderm entstehend, durch den Prozess des lateralen Abfaltens

⁹³⁷ Pander 1817a, 40–41: S. hier für die Beschreibungen zu der Tafel der Durchschnitte

⁹³⁸ Ebd., 40–42.

⁹³⁹ Ebd., 41.

⁹⁴⁰ Bellairs/Osmond 2014, 52–53.

in das Ektoderm eingestülpt wirkt und zuletzt das dorsale Mesocardium zwischen Ektoderm und Endoderm einwächst.⁹⁴¹

Für den Leser mit heutigem Wissensstand mag die Abbildung des Herzschauchs und des Darmrohrs, wie sie sich in den Raum zwischen Kopfscheide und Neuralrohr legen, daher logisch erscheinen, doch zu Panders Zeit war das Modell der Entwicklung des Embryos aus einer blattförmigen Anlage, völlig neu. Ohne umfassendes, embryologisches Wissen, wie es heutige Embryologielehrbücher vermitteln, ist es auch durch die Tafel der Durchschnitte unmöglich, sich ein völlig korrektes Bild über die Topographie der Kopfscheide, des Herzkanals und des Vorderdarms zu bilden.

Dennoch muss man berücksichtigen, dass anhand der Tafel der Durchschnitte Panders Keimblatttheorie sehr viel anschaulicher wurde. Anhand der Längs- und Querschnitte wird deutlich, was Pander mit dem Umfalten der Keimblätter meinte, welche auf diese Weise die Leibeshöhle, das zentrale Nervensystem, das Herz, den Darmkanal und die Eihäute bildeten. Dass ihm dabei die völlig korrekte Beschreibung entging, indem es ihm nicht gelang, alle embryonalen Strukturen definitiv einer bestimmten Keimschicht zuzuordnen, ist ihm Rahmen seiner Pionierleistung, welche er mit der Beschreibung der Keimblatttheorie vollbrachte,⁹⁴² als zweitrangig zu werten. Zusammengenommen mit der Tafel der Durchschnitte konnte so weiteren Embryologieforschern des 19. Jahrhunderts überhaupt erst das Verständnis eröffnet werden, dass die gesamte Embryonalentwicklung des Huhns auf die dreiblättrige Keimscheibe zurückzuführen war.

3. Die Entwicklung des Herzens

Bereits Marcello Malpighi, Albrecht von Haller und Caspar Friedrich Wolff hatten umfassende, langanhaltende und intensive, mikroskopische Studien am Hühnerembryo durchgeführt, deren Ergebnisse dem jungen Embryologieforscher Christian

⁹⁴¹ Pander 1817a, 41: Vgl. hierzu die Beschreibung Panders zu der Figur 10: „[...] die Falten, welche auf der innern Seite des untern Blattes der Kopfscheide das Herz bilden.“

⁹⁴² Schmuck 2010, 106–107.

Heinrich Pander zur Verfügung standen. Wie verwendete er diese in seiner Arbeit und worin unterschied sich Panders Arbeitsweise und seine hieraus resultierenden Ergebnisse, von den bisher gemachten embryologischen Studien? Um diese Fragen zu klären, soll anhand des Beispiels der Herzentwicklung erläutert werden, wie Pander hierbei vorgeht, und sich auf seine Vorgänger stützte.

i. Die Entwicklung des Herzens in Panders ‚Beiträgen‘ und ‚Dissertatio‘

Bei den folgenden Ausführungen Panders muss man sich vor Augen führen, dass der Prozess der Herzentwicklung sehr komplex in vivo zu beobachten ist.⁹⁴³ So entsteht aus dem einfachen Herzschlauch,⁹⁴⁴ dessen Anlage aus dem Mesoderm zwischen die ektodermale Kopfscheide und das Endoderm des Vorderdarms einwächst.

Die Fusion des Herzschlauchs aus dem präkardialen Mesoderm ereignet sich zwischen der 19. und 29. Entwicklungsstunde, sodass ab der 30. Stunde der vollausgebildete Herzkanal beobachtet werden kann.⁹⁴⁵ Durch Rotation und Abfaltung des Kanals bildet sich hieraus die Herzschleife, sodass ab der 50. Stunde der Ventrikel ventral des Auricularkanals zu liegen kommt.⁹⁴⁶ Beschreibt man lehrbuchhaft, wie sich das Herz bildet, so gilt es folglich, zwei wesentliche Punkte zu erläutern. Zum einen muss dargestellt werden, wo und aus welcher Keimschicht die Entwicklung des Herzens beginnt. Zum anderen muss die chronologische Abfolge, in welcher die morphologischen Veränderungen auftreten, angegeben werden. Anschließend wird erläutert, wie Pander 1817 die Entstehung des Herzens beschrieb.

⁹⁴³ Bellairs/Osmond 2014, 52–58: S. hier zur Herzentwicklung aus dem einfachen Herzkanal, inklusive entstehende Dreischichtung, Looping und Abtrennung in die verschiedenen Herzhöhlen nach heutigem Wissensstand.

⁹⁴⁴ Ebd., 604: Der Herzschlauch ist ab dem Stadium 10, also ab der 33. Stunde, zu sehen.

⁹⁴⁵ Ebd., 603–604: Dies entspricht den Entwicklungsstadien 5 bis 10 nach Hamburger und Hamilton.

⁹⁴⁶ Ebd., 604.

In seiner ‚*Dissertatio*‘ begann Pander die Beschreibung der Herzentwicklung ab der 30. Stunde,⁹⁴⁷ allerdings stellte er vorher die Entwicklung der Kopfscheide differenzierter dar, weshalb es dem Leser besser verständlich war, wo genau sich dieser Entwicklungsprozess abspielte. So beschrieb er ab der 20. Stunde die Bildung der ektodermalen Kopfscheide, die zur 30. Stunde aus zwei Falten bestand, die sich nach kaudal fortsetzten. Die Lage des Herzens in eben dieser Region beschrieb er, wie folgt: „*Das Herz erscheint unter der Kopfscheide als ein verlängerter Sack, dessen Begrenzungen noch nicht sicher zu beschreiben sind.*“⁹⁴⁸ Zur 48. Stunde schließlich beschrieb er den Herzschlauch als hufeisenförmig eingebogen.⁹⁴⁹ Am dritten Tag schließlich ist dieser Kanal in drei anatomisch abgrenzbare Bereiche gegliedert.⁹⁵⁰ Wenn man Panders Beschreibung hier weiterliest, lässt sich hieraus schließen, dass er die Bildung der Herzschleife beobachtet hatte. So verbindet sich der Vorhof mit den Venen und der Ventrikel, der ventral im Embryo zu liegen kommt, geht „*wie ein geschlungener Knoten*“⁹⁵¹ aus dem Kanal des Vorhofs hervor. Die Beschreibung des vierten Tags schließlich entnahm er teilweise wörtlich Wolffs Arbeit ‚*De formatione intestinorum*‘ aus dem Jahr 1769, ohne hierauf zu verweisen, sodass er zu den weiteren Entwicklungsschritten hier nichts Neues beitragen konnte.⁹⁵²

In seinen ‚*Beiträgen*‘ widmete Pander der Herzentwicklung den 8., 12. und 13. Paragraphen. Im 8. Paragraphen wurde erstmalig die ‚*Gefässhaut*‘,⁹⁵³ also das

⁹⁴⁷ Adelman 1966b, 1433–1436: Adelman hat hier die Seiten 31-33; 36; 37; 45; 48-49; 60-62 aus Panders lateinischer ‚*Dissertatio*‘ ins Englische übersetzt

⁹⁴⁸ Pander 1817b, 36: Vgl. den Originaltext in Latein: „*Cor sub vagina capitis tanquam oblongus sacculus nondum certis descriptus limitibus apparet.*“

⁹⁴⁹ Ebd., 45.

⁹⁵⁰ Ebd., 48–49: Der Kanal ist in den Aurikel (Vorhof), den Ventrikulus (Ventrikel) und den Bulbus Aortae (Ausweitung der Aorta) unterteilt.

⁹⁵¹ Ebd., 49.

⁹⁵² Adelman 1966b, 1433–1436: Pander zitierte hier die Seiten 485-489 aus Wolffs Werk, ohne hierauf zu verweisen.

⁹⁵³ Bäumer-Schleinkofer 1993, 230: S. hier zur Zuordnung Panders verwendeter Namen für die einzelnen Keimschichten mit denen, die Baer verwendete und zu den heute gültigen Namen der drei Gewebeschichten.

Mesoderm, erwähnt.⁹⁵⁴ Pander fuhr damit fort, die Bildung der Leibeshöhlen aus den verschiedenen Schichten zu erläutern. Zunächst stellte er dar, wie sich aus dem Ektoderm, also der ‚*Serosen Schicht*‘, die Leibeswand und der Kopffortsatz bildeten. Die so geformten Körperhöhle untergliederte sich in ‚*zwei röhrenförmige Schläuche*.‘⁹⁵⁵ Hiermit meinte Pander den Eingang in den Vorderdarm, oder nach Wolff ‚*Fovea cardiaca*‘ bezeichnet,⁹⁵⁶ sowie den eigentlichen Herzschlauch.⁹⁵⁷ Pander versuchte hier zu erklären, dass der Körper des Embryos durch den Prozess des lateralen Abfaltens als eine Röhre gesehen werden konnte, in welchem wiederum die röhrenförmigen Organanlagen des Vorderdarms und des Herzens zu liegen kamen. Dieses Modell des lateralen Abfaltens findet sich auch heute noch so bei der Erklärung der Organogenese in modernen Embryologielehrbüchern.⁹⁵⁸

Doch auch hier wird nicht ersichtlich, welcher Schicht genau das Herz entstammte. Im Paragraph 12, beginnend mit dem sackförmigen Herzen, fuhr Pander direkt damit fort, die beginnende Umformung des Herzkanals zur Herzschleife zu beschreiben: ‚*Das Rudiment des Herzens, welches sich gegen die dreißigste Stunde als ein nach unten offener Sack darstellte, erscheint bald als ein gerader und enger gewordener Kanal [...]*.‘⁹⁵⁹ Was die eigentliche Rotation des Herzkanals betraf, so war es ihm wohl gelungen, im Gegensatz zu Haller, zu verfolgen, wie sich die Herzschleife in den folgenden Stunden vollständig bildete. Allerdings äußerte sich Pander nicht sehr bestimmt dazu: ‚*Zwischen der fünfzigsten und sechzigsten Stunde aber, nachdem der Kanal eine, mit Unrecht von Haller geleugnete, Wendung gemacht hat, sieht man ihn deutlich sich in*

⁹⁵⁴ Pander 1817a, 11–13.

⁹⁵⁵ Pander 1817a, 12.

⁹⁵⁶ Ebd.

⁹⁵⁷ Ebd., 12–13.

⁹⁵⁸ Schoenwolf 1997, 448: Vgl. hierzu Schoenwolf, der von einem ‚*a-tube-within-a-tube body plan*‘ spricht.

⁹⁵⁹ Pander 1817a, 17: Pander begann die Beschreibung der Herzentwicklung auch hier mit der 30. Entwicklungsstunde.

eine aufsteigende Arterie verlängern.“⁹⁶⁰ Wie bereits unter der Analyse der Bildtafel VII erläutert, deckt sich eben jene von Pander beobachtete Entwicklungspassage mit den heutigen Hamburger und Hamilton Stadien. Was die weiteren Entwicklungsschritte des Herzens, jenseits der 60. Stunde anbelangte, berief sich Pander größtenteils auf bereits bestehende Werke, nämlich auf die Abbildungen Malpighis, welche der italienische Forscher seinen Werken *De formatione de pulli in ovo*‘ und *Appendix repetitas auctasque de ovo incubato observationes continens*‘ beigefügt hatte,⁹⁶¹ sowie auf Albrecht von Hallers Werk *Sur la formation du couer dans le poulet*‘.^{962,963} Pander beschrieb korrekt den Sinus venosus, den Bulbus Aortae und den Ventrikel, die weitere anatomische Untergliederung der Herzschleife entlehnte er allerdings völlig Hallers Nomenklatur⁹⁶⁴ *„Durch Umschlagen, stellenweise Verschnürung, in sich Zurückziehen und Ausdehnung seiner Wände geht nun dieser Kanal in das vollkommene ausgebildete Herz über.“* Derart undifferenziert formuliert beschloss Pander schließlich seine Erläuterung der Herzentwicklung.

Welche neuen, embryologischen Erkenntnisse konnte Pander zur Entstehung des Herzens beitragen? Betrachten wir zuerst die frühen Schritte der Herzentwicklung nach heutigem Verständnis. Zunächst soll die Frage beantwortet werden, woraus sich das Herz laut Pander entwickelte. Leider entging es ihm, hierbei das von ihm so umsichtig dargestellte Modell der drei Keimschichten konsequent zu berücksichtigen. So wird es

⁹⁶⁰ Ebd., 18: *„Durch Umschlagen, stellenweise Verschnürung, in sich Zurückziehen und Ausdehnung seiner Wände geht nun dieser Kanal in das vollkommen ausgebildete Herz über.“*

⁹⁶¹ Adelman 1966a, 833–840; Malpighi führte seine Untersuchungen hierzu im Jahr 1672 durch.

⁹⁶² Bäumer-Schleinkofer 1993, 179–190: Hallers Arbeit hierzu erschien 1757 und wird auf den folgenden Seiten hier besprochen.

⁹⁶³ Pander 1817a, 18: *„Es wäre unnütz eine weitläufige Beschreibung dieser Metamorphose hier zu geben, da Haller eine so vortreffliche Erläuterung, und Malpighi so herrliche Abbildungen davon geliefert hat, daß kaum etwas zu wünschen übrig bleibt, und wir uns nur darauf beziehen können.“*

⁹⁶⁴ Ebd.: *„[...]“; so daß der Ventrikel und der Venensack durch Hallers Canalis auricularis, der Ventrikel mit dem bulbus aortae durch das Fretum [auch nach Haller entlehnt] verbunden sind. Aus dem bulbus aortae leitet wieder ein dünner Kanal, Hallers Rostrum, in zwei bis drei dünnere Aeste, [...]. Es wäre unnütz, eine weitläufige Beschreibung dieser Metamorphose hier zu geben, da Haller eine so vortreffliche Erläuterung, und Malpighi so herrliche Abbildungen davon geliefert hat, daß kaum etwas zu wünschen übrig bleibt, und wir uns nur darauf beziehen können.“*

in beiden Arbeiten nicht ersichtlich, aus welcher Schicht genau sich das Herz entwickelt. Vielmehr findet man immer wieder die Fehlinterpretation Panders, dass das Herz sich aus den absteigenden Falten der Kopfscheide bilde.⁹⁶⁵ Seine so beschriebenen, fehlerhaften Lageverhältnisse zwischen Kopfscheide, Herzkanal und Vorderdarm führen zu einiger Verwirrung, heute wie damals, wie Oken in seiner Analyse von Panders Arbeit zu Recht bemängelte.⁹⁶⁶ Interessant ist hierbei, dass Pander in seinem Antwortbrief an Oken erstmalig erklärte, dass das Herz dem Mesoderm, von ihm ‚*Gefässhaut*‘ genannt, zentstammte.⁹⁶⁷

Betrachtet man das Ergebnis Panders, zu welchem er bei seinen Beobachtungen der frühen Stadien der Herzentwicklung gelangte, im wissenschaftshistorischen Kontext, so muss trotz dieser Mängel klar herausgestellt werden, dass Pander der erste Forscher war, der diese frühen Entwicklungsschritte überhaupt beschrieb.⁹⁶⁸ Grundlegend stellte er dar, wie sich das Herz aus einer Membran zu einem Kanal, und schließlich durch Umfalten und Rotation zum vollständigen Herzen formte. Hierbei gelang es ihm auch, den Prozess aus heutiger Sicht zeitlich korrekt einzuordnen. Panders Beschreibung, dass der Herzschauch ab der 30. Stunde sichtbar sei und zwischen der 50. und 60. Stunde rotiere, deckt sich mit heutigen Untersuchungsergebnissen.⁹⁶⁹ Zusammengekommen mit seinen Tafeln zur Herzentwicklung lieferte dies ein grundlegendes Modell, wie sich die Entwicklung des Herzens abspielte, das in den wesentlichen Punkten mit heutigen Darstellungen übereinstimmt. Diesen Ansatz konnten spätere Embryologieforscher verfolgen. Als Panders unmittelbarer Nachfolger in der Reihe der Embryologieforscher, welche durch ihre Beobachtungen neue Erkenntnisse zu der Entwicklung des

⁹⁶⁵ Adelman 1966b, 1433.

⁹⁶⁶ Oken 1817, 1534–1535.

⁹⁶⁷ Oken 1818, 515.

⁹⁶⁸ Adelman 1966b, 1433.

⁹⁶⁹ Bellairs/Osmond 2014, 604: Der Herzkanal ist ab Stadium 10, zwischen der 30. und 33. Stunde sichtbar, während der Ventrikel im Stadium 14, zwischen der 50. und 53. Stunde ventral des Vorhofkanals zum Liegen kommt.

Herzens erlangten, ist Karl Ernst von Baer zu nennen. Erst Karl Ernst von Baer erkannte, dass der Herzkanal nicht aus den Falten der Kopfscheide gebildet wurde, sondern, dass die Herzanlagen, aus dem Mesoderm abstammend, verschmelzen. Diese Anlage benennt man auch präkardiales Mesoderm⁹⁷⁰ und Adelman bezeichnete Karl Ernst von Baer zu Recht als einen der Ersten, der dies beobachtete.⁹⁷¹

Zu den späten Stadien der Herzentwicklung, von der 60. Entwicklungsstunde an gesehen, lieferte Pander keine wesentlichen neuen Erkenntnisse, wobei seine Darstellung der Entwicklungsschritte bis zum Ende des vierten Tages aber korrekt sind⁹⁷² In seinen ‚*Beiträgen*‘ berief er sich auf Haller und Malpighi,⁹⁷³ in seiner lateinischen Dissertation zitierte er abschnittsweise wörtlich Wolff, ohne hierbei auf dessen Werk zu verweisen.⁹⁷⁴

ii. Die Entwicklung des Herzens bei Marcello Malpighi

Einer der größten Leistungen Marcellos Malpighis erzielte er in der genauen Darstellung dessen, was er bei seinen mikroskopischen Untersuchungen am Hühnerembryo sah.⁹⁷⁵ So lieferte auch seine Darstellung der Herzentwicklung ein naturgetreues Bild der frühen Entwicklungsstadien.⁹⁷⁶ Es muss allerdings beachtet werden, dass

⁹⁷⁰ Ebd., 52–53: Das präkardiale Mesoderm heftet anfangs, ab Stadium 5, von der 19. bis zur 22. Stunde, so fest am Endoderm des Vorderdarms, dass es selbst mit heutigen Methoden schwierig ist, diese Schichten zu trennen. Es ist also kaum verwunderlich, dass diese Region Pander Schwierigkeiten in der Beschreibung dieser Region hatte. Ab Stadium 8, von der 26. bis zur 29. Stunde, sind dann die mesodermalen Herzanlagen zum Herzschnlauch fusioniert und der Kanal kommt ventral des Vorderdarms zu liegen.

⁹⁷¹ Adelman 1966b, 1441.

⁹⁷² Ebd., 1433.

⁹⁷³ Pander 1817a, 17–18.

⁹⁷⁴ Adelman 1966b, 1435–1436: Die Teile, die Pander in seiner ‚*Dissertatio*‘ wörtlich in der Beschreibung des Vierten Tages aus Wolffs Arbeit zur Bildung des Darmkanals im Huhn von 1769, S. 485–489, entnommen hat, finden sich hier dargestellt.

⁹⁷⁵ Adelman 1966a, 836.

⁹⁷⁶ Adelman 1966b: Im Anhang von Adelmans Werk findet sich Malpighis Originalarbeit abgedruckt, sowie seine Bildtafeln. Folgende Bildtafeln Malpighis thematisieren die Herzentwicklung: bis zum Ende der 96. Entwicklungsstunde: Figuren 11, 13, 15, 16, 17, 18 aus der ersten Dissertation und Figuren 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 29, 30, 32, 35, 36 aus der zweiten Dissertation.

Malpighi bei Weitem noch nicht das Verständnis erlangt hatte, welches sich Christian Heinrich Pander bei seinen eigenen Untersuchungen erschließen konnte. So mangelte es Malpighi hier bereits an der grundlegenden Theorie, dass auch das Herzkreislaufsystem, inklusive seiner Gefäße, aus dem Mesoderm entstanden.⁹⁷⁷ Seine Auffassung war stattdessen, dass das Herz und die Gefäße bereits zu einem früheren Zeitpunkt existieren und erst sichtbar wurden, nachdem sie sich mit Blut füllten.⁹⁷⁸

Trotzdem gelang es ihm, die Schritte der frühen Herzentwicklung⁹⁷⁹ akkurat festzuhalten, wie die Tafel II aus seiner Dissertation ‚*De formatione pulli in ovo*‘ zeigt.⁹⁸⁰ Erstaunlich genau zeichnete er auf den Figuren 11, 13 und 15 auf Tafel II seines Werks ‚*De formatione pulli in ovo*‘ die einzelnen Schritte der Rotation des Herzkanals zur Herzschleife.⁹⁸¹ Die hier dargestellten Strukturen umfassen den Auricularkanal, die erste Anlage des rechten und linken Ventrikels und den schmalen Abschnitt zwischen dem Ventrikel und dem Bulbus der Aorta, einschließlich der Aortenbögen.⁹⁸² Dadurch, dass Malpighi die Figuren, welche die Rotation des Herzkanals wiedergeben, zusammenhängend anordnete, lässt sich dieser komplexe Prozess für den Leser hier leichter verstehen, da er die einzelnen Schritte anschaulich nachvollziehen kann.

⁹⁷⁷ Adelman 1966a, 836: Man muss hierbei allerdings auch bedenken, dass es um 1670 noch nicht einmal eine vergleichbare Vorstellung zur Keimblatttheorie, wie sie Christian Heinrich Pander aufstellte, gab.

⁹⁷⁸ Ebd.

⁹⁷⁹ Bellairs/Osmond 2014, 603–604: Zwischen der 19. Und 30. Stunde bildet sich der Herzschauch, welcher zwischen der 30. Und 50. Stunde zur Herzschleife umschlägt.

⁹⁸⁰ Adelman 1966a, 836.

⁹⁸¹ Ebd.

⁹⁸² Ebd., 836.

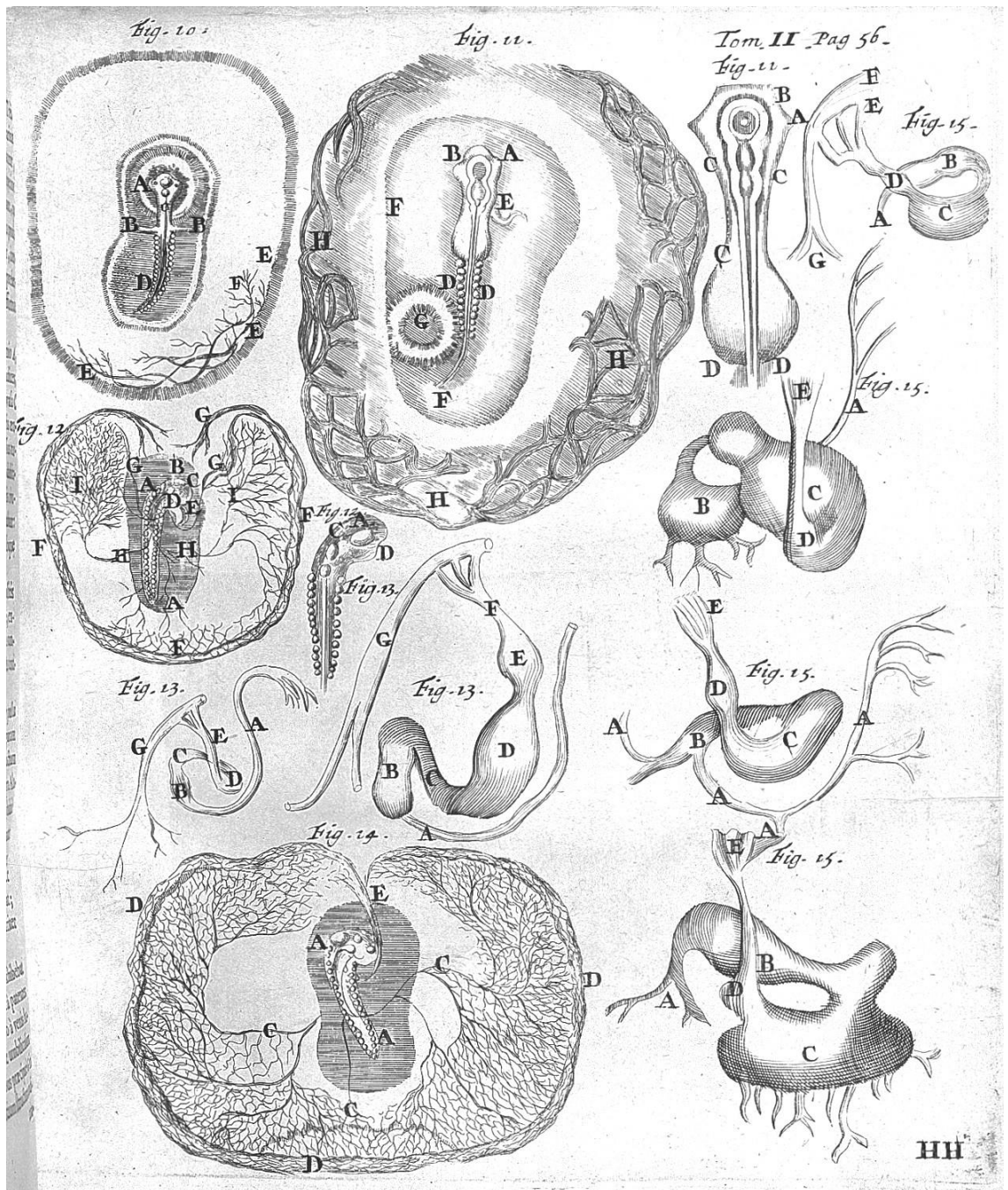


Abbildung 12: Tafel II; ‚De ovo incubato‘

Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/M._Malpighi%3B_%22De_ovo_incubato%22%2C_1686_Wellcome_M0016538.jpg; abgerufen am 10.06.19

Was aber verstand er von diesen dargestellten Entwicklungsprozessen? Die Vorstellung, dass das spätere Herz sich aus einer sackförmigen Anlage entwickelte, griff für Malpighi noch zu weit, sodass er sich dies so erklärte, dass die einzelnen Teile des Herzens gebildet wurden, bevor sie sich zum kompletten Herzen zusammenschlossen. Dabei unterliefen ihm einige Fehlinterpretationen. Er erkannte die Mündung der Venen in den Sinus venosus nicht, sowie er die Lage beider Ventrikel falsch zuordnete.⁹⁸³ Auch entging ihm, zu erkennen, dass die Aorta paarig angelegt ist, wohingegen die Kiemenbogenarterien sehr wohl gezeichnet sind.⁹⁸⁴ Berücksichtigt man aber den historischen Hintergrund der Embryologieforschung des 17. Jahrhunderts, so wird deutlich, wie „epochemachend“⁹⁸⁵ Malpighis Abbildungen und Beschreibungen zur Herzentwicklung waren.

iii. Vergleich der Bildtafeln zur Entwicklung des Herzens bei Pander und Malpighi

Die Herzentwicklung findet sich bei Pander auf den Tafeln VII, VIII und IX thematisiert, wobei die Tafel VIII hauptsächlich die Darstellung der Gefäße beinhaltet.⁹⁸⁶ Die topographische Lage des Herzkanals ist auf Panders Tafel der Durchschnitte übersichtlich dargestellt.⁹⁸⁷ Hierbei sind Ausschnitte des Entwicklungsprozesses vereinzelt dargestellt. Daraus folgt, dass es dem Betrachter nicht möglich ist, die Bildung des Herzens chronologisch nachzuvollziehen.⁹⁸⁸ Dies mindert allerdings die Qualität der Abbildungen nicht. Die Schritte der Herzentwicklung, wie sie der Künstler D’Alton auf den

⁹⁸³ Adelman 1966b, 1360–1361.

⁹⁸⁴ Ebd., 1512–1513.

⁹⁸⁵ Bäumer-Schleinkofer 1993, 144.

⁹⁸⁶ Pander 1817a, Tafel VII; VIII; IX.

⁹⁸⁷ Ebd., Tafel der Durchschnitte.

⁹⁸⁸ Ebd., Tafel VII; IX: Auf der Tafel VII ist die Bildung des Herzschlauches dargestellt, während auf der Tafel IX, vor allem in Figur III A und B, die Herzschleife mit den Kiemenbögen zu sehen ist. Hätte man all diese Figuren auf eine Tafel gebracht, wäre es leichter nachvollziehbar gewesen, was Pander in seinen Beiträgen zur Herzentwicklung schrieb.

Tafeln VII bis IX festhielt,⁹⁸⁹ lassen auf dessen genaue Beobachtungsgabe schließen.⁹⁹⁰ Gerade die Tafel VIII ist bis ins Detail ausgearbeitet, beispielsweise erkennt man die Mündung der Venen in den Sinus venosus, die Herzschleife, die Bogenarterien und natürlich die Verzweigungen des Gefäßnetzes bis hin zu den kleinsten Ästen in der Peripherie.⁹⁹¹ Wie bereits aus der Analyse der Bildtafeln insgesamt hervorging, widmeten Pander und D’Alton vergleichsweise wenige Figuren der Bildung des Herzens. Gerade im Vergleich zu den Abbildungen des italienischen Embryologieforschers zeigt sich, dass es durchaus möglich gewesen wäre, diesen Prozess ausführlicher darzustellen. Auch Pander selbst blieb die Qualität der Abbildungen seines Vorgängers nicht verborgen. So schrieb er in seinen ‚*Beiträgen*‘ unter dem Paragraphen der Herzentwicklung: *„Es wäre unnütz, eine weitläufige Beschreibung dieser Metamorphose hier zu geben, da Haller eine so vortreffliche Erläuterung, und Malpighi so herrliche Abbildungen davon geliefert hat, daß kaum etwas zu wünschen übrig bleibt, und wir uns nur darauf beziehen können.“*⁹⁹² Da Malpighi, vor Pander und D’Alton, aber unmittelbar der Einzige gewesen war, der die Entwicklung des Hühnerembryos derart ausführlich bildlich darstellte, fiel dem italienischen Embryologieforscher gewiss eine besondere Rolle bei der Anfertigung der Kupfertafeln D’Altons zu. Auch Karl Ernst von Baer fiel auf, dass Malpighi tatsächlich der einzige Embryologieforscher gewesen war, der die Wichtigkeit von Kupfertafeln für die Verständlichkeit eines embryologischen Werks verstanden hatte. So berichtete er seinem Jugendfreund Waldemar von Ditmar 1816 vor Beginn Panders Forschungen zum Hühnerembryo: *„[...] Kupfer hat aber außer Malpighi im 17. Jahrhundert niemand über diesen Gegenstand [die Embryonalentwicklung des Huhns] herausgegeben. Es ist aber ohne Kupfer die ganze Sache dem Leser kaum verständlich. Jetzt hat sich nun Pander entschlossen, die Entwicklungsgeschichte des bebrüteten Eis*

⁹⁸⁹ Ebd., Tafel VII; Figur II; III; VIII.

⁹⁹⁰ Adelman 1966b, 1429.

⁹⁹¹ Pander 1817a, Tafel VIII.

⁹⁹² Ebd., 18.

zu untersuchen und mit Kupfern herauszugeben [...].⁹⁹³ Betrachten wir daher anschließend Malpighis Tafeln, um anschließend einen Vergleich über die Ähnlichkeit und Qualität der Abbildungen ziehen zu können.

Marcello Malpighi begründete mit seinen Abbildungen das größte Werk der Embryologie des 17. Jahrhunderts.⁹⁹⁴ Niemandem vor ihm war es gelungen, die Entwicklung derart genau darzustellen. Gerade die Bilder zur Herzentwicklung sind äußerst akkurat.⁹⁹⁵ Zusammengenommen ergeben alle Abbildungen Malpighis hierzu einen kompletten Überblick der Entwicklungsschritte.⁹⁹⁶ Erst Albrecht von Haller sollte sich wieder vergleichsweise intensiv mit der Entwicklung des Herzens auseinandersetzen, wobei es auch ihm nicht gelang, die gesehenen Strukturen vollständig richtig zu interpretieren.⁹⁹⁷ Zunächst sollen daher, ohne die Interpretationen des italienischen Embryologieforschers zu berücksichtigen, kurz die sichtbaren Strukturen in seinen Figuren dargestellt werden.⁹⁹⁸

Schon in seiner ersten Dissertation gelang es Malpighi, den Herzkanal und die folgende Rotation dessen zeichnerisch exakt darzustellen.⁹⁹⁹ Hierbei erkennt man den Vorhof, die erste Ventrikelanlage, den Bulbus cordis und den Aurikularkanal. Auch die Aortenbögen sind von ihm genau gezeichnet. In den folgenden Figuren erkennt man die Herzschleife.¹⁰⁰⁰ Seine zweite Dissertation unterscheidet sich in der Darstellung des Herzens nicht wesentlich, außer der Tatsache, dass die Bildung des Herzkanals in den

⁹⁹³ Schröder 1893, 271: Vgl. hierzu den Jugendbrief Karl Ernst von Baers, der 1816 an Waldemar von Ditmar folgendes über die geplanten Kupferstiche zu Panders Dissertation schrieb.

⁹⁹⁴ Bäumer-Schleinkofer 1993, 142–144.

⁹⁹⁵ Adelman 1966a: De formation pulli in ovo: Plate II; III: Figure 11, 13, 15, 16, 17, 18; De ovo incubato: Plate II; III, IV, V: Figure 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 29, 30, 32, 35, 36

⁹⁹⁶ Adelman 1966b, 1359.

⁹⁹⁷ Adelman 1966a, 836.

⁹⁹⁸ Adelman 1966b, 1359–1364: Hier finden sich die Figuren Malpighis zur Herzentwicklung analysiert, sowie erläutert wird, was er selbst von seinen Abbildungen tatsächlich verstand.

⁹⁹⁹ Ebd., 1360: Adelman bezieht sich hier auf die Figuren 11, auf der man den gebogenen Herzkanal sieht und auf Figur 13, welche den Beginn der Rotation des Herzkanals zur Herzschleife, ungefähr ab der 42. Stunde, zeigt.

¹⁰⁰⁰ Ebd., 1360–1361.

frühen Stadien hier genauer konturiert gezeichnet ist. Auch hier stellt Malpighi den Prozess der Herzentwicklung von der 24. bis zur 96. Stunde dar und zeichnete die Herzschleife, sowie deren folgende Unterteilung genau.¹⁰⁰¹

Worin unterscheiden sich die Abbildungen Malpighis von den Tafeln D’Altons? Schon bei der Darstellung des U-förmig gebogenen, frühen Herzkanals fällt die unterschiedliche Art der zeichnerischen Umsetzung auf. So zeichnete D’Alton auf Tafel VII in der Figur VIII den Herzkanal derart vergrößert, dass hieraus zum einen die Grenze zur Kopfscheide, zum anderen die Mündungen der Arterien und der Venen ersichtlich wurden.¹⁰⁰² Betrachtet man Malpighis Abbildungen, die den Herzschlauch zeigen,¹⁰⁰³ so werden hieraus weder die Mündungen der Gefäße, noch die Grenze zum Kopffortsatz ersichtlich. Was die fehlende Darstellung der Mündung der Gefäße angeht, so könnte man dies durch eine Fehlinterpretation Malpighis erklären, der die Mündung der omphalomesenterialen Venen als Flügelfortsatz verstand.¹⁰⁰⁴

So mussten D’Alton und Pander also den Herzschlauch eigenständig in dieser Form unter dem Mikroskop gesehen haben, um ihn derart genau abbilden zu können. Dass der Künstler und der Embryologieforscher im Jahr von 1816 bis 1817 eigenständig arbeiteten, bestärken auch die Schlüsse, die Pander aus diesen Beobachtungen zog. Wie bereits erläutert, war er einer der ersten Embryologieforscher, die die Entwicklung des Herzens aus einem Schlauch, welcher sich unterhalb der Kopfscheide aus dem Mesoderm formte, zu erklären suchte. Ohne dies genauestens zu beobachten, wäre es ihm nicht möglich gewesen, diesen Schritt zu verstehen, wenngleich ihm noch einige Fehlinterpretationen bei der Bestimmung der genauen Lageverhältnisse unterliefen. Dass D’Altons Kupfertafeln die verschiedenen Strukturen so genau abbildeten, weil er selbst dies beobachtet hatte und anschließend akkurat zeichnete, bestätigt sich nur in den

¹⁰⁰¹ Ebd., 1361–1362.

¹⁰⁰² Pander 1817a, Tafel VII, Figur VIII.

¹⁰⁰³ Adelman 1966b: De ovo incubato, Figur 17-25

¹⁰⁰⁴ Ebd., 1362.

Abbildungen der Tafel VIII und IX, welche spätere Entwicklungsstadien des Herzens zeigen. Besonders Figur III der Tafel IX, zusammen mit den Ausschnitten A und B, zeigt sehr schön die Mündungen der Gefäße in das Herz, sowie die Mündung der omphalomesenterialen Venen in den Embryonalleib.¹⁰⁰⁵ Ein entscheidender Unterschied zu Malpighi findet sich hier in der Darstellung der dorsalen Aorta, die eindeutig auf dem Ausschnitt A zu sehen ist. Die dorsale Aorta teilt sich in zwei Hauptäste, die nach kaudal ziehen.¹⁰⁰⁶ Dies ist korrekt im Ausschnitt A der Figur III zu sehen.¹⁰⁰⁷

Wie aus der Analyse der Bildtafeln zu Panders Beiträgen hervorgeht, gelang es D'Alton, beobachtete Strukturen akkurat abzubilden. Diese hohe, zeichnerische Qualität findet sich nicht nur bei der Entwicklung des Herzens, sondern auch bei der Darstellung des Gehirns und des Gefäßnetzes. Gerade diese genaue Beobachtungsgabe machte die Qualität der Bildtafeln Marcello Malpighis aus. Anhand der Entwicklung des Herzens lassen sich bereits einige Unterschiede feststellen. Malpighi gelang es in seinen Tafeln, den Prozess der Bildung des Herzens vollständiger, vom Herzschlauch, bis zu Bildung der Herzschleife auf einer Tafel darzustellen. Dass Pander und D'Alton sich daher mit den bereits angefertigten Zeichnung Malpighis genau befassten, ist anzunehmen. Marcello Malpighi ist als ein Vorbild Panders und D'Altons zu werten. Allerdings ist trotzdem davon auszugehen, dass D'Alton eigenständig zeichnete, da er bestimmte Strukturen erstmalig und genauer, als sein Vorgänger Malpighi, darstellte. Hierbei ist die Darstellung der Herzentwicklung insgesamt zwar unübersichtlicher im zeitlichen Verlauf nachzuvollziehen, wie es im Vergleich bei den Abbildungen Marcello Malpighis möglich ist, in der Genauigkeit, bestimmte anatomische Strukturen der Realität

¹⁰⁰⁵ Pander 1817a, Tafel IX.

¹⁰⁰⁶ Bellairs/Osmond 2014, 60.

¹⁰⁰⁷ Pander 1817a, Tafel IX.

nach abzubilden, übertreffen D'Altons Abbildungen aber sogar teilweise die Malpighis.¹⁰⁰⁸



¹⁰⁰⁸ Ebd., VIII: Das beste Beispiel für das vortreffliche Talent D'Altons zeigt sich wohl in Tafel VIII, welche das Blutgefäßnetz so genau darstellt, dass man meint, man könnte so unter dem Mikroskop vorfinden.

4. Panders Vorbilder und Lehrer

Nun wird untersucht, inwiefern die drei größten Embryologieforscher des 17. und 18. Jahrhunderts, nämlich Marcello Malpighi, Albrecht von Haller und Caspar Friedrich Wolff, Panders Methodik und Interpretation embryologischer Forschungsfragen beeinflussten. Zunächst soll erläutert werden, in welcher Art und Weise Pander generell die einschlägigen, embryologischen Forschungsarbeiten in seiner Arbeit nutzte.

In erster Linie wurden bereits bestehende, embryologische Werke rein wissenschaftlich von Pander genutzt, um seine eigenen Untersuchungen zu ergänzen und um unterschiedliche Ergebnisse zu diskutieren. So verwendete Pander sowohl das Werk Hallers ‚*Sur la formation du coeur dans le poulet*‘ (1757), welches der Physiologe mit der Absicht verfasst hatte, die Präformation zu belegen,¹⁰⁰⁹ als auch Wolffs Abhandlung ‚*Über die Bildung des Darmkanals im bebrüteten Hühnchen*‘ (1768-1769; 1812), in welchem er die Epigenese zu belegen suchte.¹⁰¹⁰ Doch Pander diskutiert die verschiedenen Ansichten beider Forscher, in Bezug auf die zentrale Streitfrage, ob die Theorie der Präformation, oder der Epigenese anzunehmen wären, in seinen beiden Arbeiten nicht. Schmuck schloss, dass die Präformationsthese im 19. Jahrhundert bereits allgemein hin-fällig geworden war, sodass sich hier moderne Embryologieforscher dieser Zeit auf das Konzept einer epigenetischen Lebensentstehung beriefen.¹⁰¹¹

Pander hatte bereits vorab seine Motivation dargestellt, die Entwicklungsprozesse zunächst nur beschreiben zu wollen, da es zu voreilig sei, hieraus bereits Schlüsse zu ziehen.¹⁰¹² Im Sinne seiner Motivation, die Embryonalentwicklung des Huhns möglichst umfassend darzustellen, zitierte er ergänzend zu seinen eigenen Beschreibung der

¹⁰⁰⁹ Bäumer-Schleinkofer 1993, 179.

¹⁰¹⁰ Ebd., 211.

¹⁰¹¹ Schmuck 2010, 247.

¹⁰¹² Ebd., 104: Vgl. hierzu auch Schmucks Darstellung von Panders Motivation und Vorgehensweise bei der Untersuchung der Embryonalentwicklung des Huhns. Auch Schmuck sieht in Panders Arbeiten zunächst vorrangig eine rationale Darlegung von Fakten gegeben und kein Ausarbeiten von daraus abgeleiteten Hypothesen.

verschiedenen Organsysteme die Ergebnisse vorheriger Forscher.¹⁰¹³ Dies findet sich hauptsächlich in seiner ‚*Dissertatio*‘.

Beispielsweise beschrieb Pander unter dem Abschnitt des dritten Tages völlig richtig, wie aus den beiden Hauptästen der Aorta die Hauptstämme der Area vasculosa entsprangen.¹⁰¹⁴ In einer Fußnote brachte Pander die Beschreibung von Tiedemann, Wolff, Joerg und Oken an. Dabei gab er deren Beschreibung wörtlich wieder. Die Fußnote erstreckt sich hier über vier Seiten Text, weshalb man sich fragt, warum Pander diese Autoren so ausführlich zitierte, blieb eine abschließende Wertung deren Erkenntnisse doch aus.¹⁰¹⁵ Hingegen besprach und bewertete er ausführlich Wolffs Darlegungen zur Entstehung des Darmkanals, indem er in einer Fußnote Wolffs Beschreibungen zitierte. Hierauf aufbauend korrigierte Pander seinen Vorgänger und besprach dessen Darlegungen.¹⁰¹⁶

Die Verweise auf bestehende Werke in seinen ‚*Beiträgen*‘ sind seltener und oberflächlicher gehalten, da hier jede Diskussion fehlt. Als Pander das erste Mal die zwei Blätter der Keimscheibe beschrieb und ihnen die Namen ‚*Seroses Blatt*‘ und ‚*Gefäßblatt*‘ gab, stellte er klar heraus,¹⁰¹⁷ dass seine eigene Beschreibung nicht mit Wolffs Darlegungen der äußere und inneren Dotterhaut verwechselt werden dürfte, „*da hier von etwas die Rede ist, was Wolff nur ahndete und Haller leise berührte.*“¹⁰¹⁸ Pander deutete also an, dass er davon ausging, dass beide Forscher ebenso die zweiblättrige

¹⁰¹³ Pander 1817b, 16–17: Zu Beginn Panders lateinischer Dissertation verfasste er ein umfassendes Vorwort, dass er mit einem Lob der Naturforscher beschloss, welche sich vor ihm bereits mit der Embryologie des Huhns befasst hatten. So schrieb er: „*Denn im großen Vorrat der Autoren, welche sich mit dem bebrüteten Ei befassten, finden sich wenige, die das Wahre und Nützliche lehren.*“ [Frei aus dem Lateinischen übersetzt: „In tanta enim auctorum, qui de ovo incubato egerunt, copia pauci inveniuntur, qui vera et utilia docuerint.“] Nun benannte Pander die Autoren, die fundierte Forschungen betrieben hatten, sodass er sich auf jene berief. Darunter waren Marcello Malpighi, Albrecht von Haller und Caspar Friedrich Wolff.

¹⁰¹⁴ Ebd., 50.

¹⁰¹⁵ Ebd., 50–54.

¹⁰¹⁶ Ebd., 40–43.

¹⁰¹⁷ Pander 1817a, 6.

¹⁰¹⁸ Ebd.

Keimhaut beobachtet hatten. Dies ist ein wichtiger Punkt, den man hätte diskutieren können. Allerdings fährt Pander unmittelbar mit der weiteren Beschreibung der zweiblättrigen Keimscheibe fort.¹⁰¹⁹ Insgesamt fokussierte sich Pander in seiner deutschen Veröffentlichung darauf, seine Ergebnisse gegliedert nach Organsystemen darzustellen.¹⁰²⁰

Ignaz Döllinger schließlich, der selbst auf jahrelange, embryologische Forschungen zurückblickte, betreute Pander unmittelbar. Der Anatom und Physiologe, der in der Motivation seiner embryologischen Forschungen maßgeblich von der Naturphilosophie geprägt war, beeinflusste Pander als dessen direkter Mentor sicherlich. Hatte der Würzburger Professor zwar über die Jahre eine rationale und wissenschaftlich effektive Methodik zur Studie der Embryonalentwicklung entwickelt,¹⁰²¹ so fanden sich seine naturphilosophischen Thesen, welche er mit Embryologie, Vergleichender Anatomie und Entwicklung verband, immer wieder in seinen naturwissenschaftlichen Werken.¹⁰²² Welchen Einfluss Ignaz Döllinger, als wissenschaftlicher und naturphilosophisch geprägter Mentor, auf Panders Arbeit nahm, soll ebenso beleuchtet werden. Was Pander genau unter der Entwicklung des Embryos verstand und wie er seine Hypothese hierzu ausgestaltete,¹⁰²³ soll allerdings gesondert analysiert werden. Denn, nach wie vor, waren beide Arbeiten Panders hier hauptsächlich rational und deskriptiv aufgebaut. Deshalb soll zuerst gezeigt werden, in welchen Bereichen seiner Untersuchungen der junge

¹⁰¹⁹ Pander 1817a, 6–7.

¹⁰²⁰ Schmuck 2010, 101–102.

¹⁰²¹ Ebd., 61–62.

¹⁰²² Ebd., 64.

¹⁰²³ Schmitt 2005, 5–7: Vgl. hier zu einer Darstellung, wie Pander, in Anlehnung an Goethes Metamorphosenlehre, selbst den Begriff Metamorphose in seinen embryologischen Studien des Hühnerembryos einführte und ihn als den zentralen Punkt der Entwicklung sah. So begann er unmittelbar nach seiner Dissertation, den Begriff der Metamorphose in vergleichenden, osteologischen Studien zusammen mit D’Alton auf ein umfassenderes Entwicklungskonzept der ständigen Veränderung der bestehenden Fauna auszuweiten.

Embryologieforscher sich auf seine großartigen Vorgänger berief und wie er zu deren naturwissenschaftlichen sowie ontogenetischen Erkenntnissen stand.

a. Malpighi

Die besondere Rolle Malpighis liegt in seinen Abbildungen, wie Pander bereits in seinem Vorwort seiner *,Dissertatio'*¹⁰²⁴ anmerkte und in seinen *,Beiträgen'* unter dem Paragraphen der Herzentwicklung erneut bestätigte.¹⁰²⁵ Auch Adelman betonte, dass dem italienischen Embryologen gelungen war, den Verlauf der embryonalen Gefäße derart genau wiederzugeben, dass man dies in ein modernes Lehrbuch übernehmen könnte.¹⁰²⁶ Mit eben gleicher Präzision gab er die Entwicklungsschritte der Herzentwicklung in seinen Abbildungen wieder.¹⁰²⁷ Doch nicht nur seine Zeichnungen hierzu lieferten dem Leser eine akkurate Vorstellung des realen Bildungsprozesses. Durch seine verbesserte Methodik gelang es Malpighi ebenso, die Entstehung der Neuralfalten und des Neuralrohrs präzise abzubilden,¹⁰²⁸ auch wenn er noch nichts Tiefgreifenderes von deren Bedeutung verstand.¹⁰²⁹

Neben Malpighi berief sich Pander auch maßgeblich auf die Arbeiten Wolffs und Haller. Warum wählte er ausgerechnet Malpighis Abbildungen? Was Haller betraf, so fanden sich zu seinem Werk über die Herzentwicklung keine Abbildungen beigelegt,¹⁰³⁰ weshalb Pander hier nur auf Malpighis Werk verweisen konnte. Dessen Abbildungen zeichneten sich ohnehin durch ihre hohe, realitätsgetreue Qualität aus. Wolff hingegen hatte sehr wohl Abbildungen zu seiner *,Theorie von der Generation'* und der Entwicklung des Darmkanals beigelegt, allerdings stellte schon Schmuck im

¹⁰²⁴ Pander 1817b, 16.

¹⁰²⁵ Pander 1817a, 18.

¹⁰²⁶ Adelman 1966a, 836.

¹⁰²⁷ Ebd.

¹⁰²⁸ Ebd., De ovo incubato; Plate I. From laying to 18 hours: Hier ist das Blastoderm mit umgebender Area pellucida und Area opaca zu sehen. Im weiteren Verlauf der Figuren ist die Bildung der Primitivfalten, der Neuralfalten und in der Figur VIII letztendlich das fertige Neuralrohr zu sehen.

¹⁰²⁹ Ebd., 837.

¹⁰³⁰ Bäumer-Schleinkofer 1993, 180.

Vergleich von Wolffs Tafeln mit denen von Tredern de Lezerec fest, dass sich keine Details aus Wolffs Abbildungen erschließen ließen.¹⁰³¹

Zum anderen ist es anzunehmen, dass bereits Ignaz Döllinger die Qualität Malpighis Abbildungen erkannt hatte, blickte er doch selbst auf eine langjährige Forschungserfahrung mit dem Mikroskop zurück.¹⁰³² Auch er hatte seinen Werken akkurate Abbildungen hinzugefügt^{1033, 1034} und hatte von Panders Dissertation eine hervorragende graphische Darstellung der Entwicklungsstadien von vorneherein gefordert. Äußerst interessant ist auch, dass Döllinger im Jahr 1818 die Tafeln Malpighis teilweise in seinem Beitrag *Malpighi, Marcello: Iconum ad historiam ovi incubati spectantium censurae specimen*‘ diskutierte, wobei er sich auf Panders Tafeln und dessen Ergebnisse berief. Dies soll noch gesondert dargestellt werden. Es gab folglich keinen anderen Forscher, vor Pander und D’Alton, der den Anforderungen lehrreicher, detailgetreuer Abbildungen der frühen Entwicklungsstadien des Embryos so nahekam, wie Marcello Malpighi.

Diese genauen Abbildungen nutzte Pander, hauptsächlich in seiner *Dissertatio*‘.¹⁰³⁵ Immer wieder verwies er bei der Beschreibung der morphologischen Veränderungen des Embryos zur jeweiligen Entwicklungsstunde auf Malpighis Tafeln. Hierbei nutzte er die Abbildungen des italienischen Embryologieforschers vor allem ergänzend in den Abschnitten, in welche er die Primitivfalten beschrieb. Hier verwies Pander bei der Beschreibung der Bildung der Primitivfalten und wie sich diese anschließend zum Neuralrohr verschlossen auf Malpighis Figuren 5 bis 14 seiner zweiten Dissertation *Appendix repetitas*‘ der Tafel I und II.¹⁰³⁶ Auch in dem Abschnitt, in welchem er die

¹⁰³¹ Schmuck 2010, 37.

¹⁰³² Döllinger 1818a.

¹⁰³³ Döllinger 1814a: Beispiele hierzu finden sich in seinem Beitrag über die Entwicklung des menschlichen Gehirns.

¹⁰³⁴ Döllinger 1818b: Beispielsweise hier in seinem Beitrag über das Strahlenblättchen des menschlichen Auges.

¹⁰³⁵ Pander 1817b, 45, 48.: zum Beispiel hier.

¹⁰³⁶ Ebd., 31, 34, 37.

Bildung des Herzens und der Gefäße erläuterte, verwies Pander auf Malpighis Figuren zur Herzentwicklung, zum einen auf das erste Werk ‚*Formatione pulli in ovo*‘, und auf das zweite Werk ‚*Appendix repetitas*‘.¹⁰³⁷ Auch im kurz gehaltenen Paragraphen seiner ‚*Beiträge*‘, der sich mit der Entstehung des Herzens beschäftigt, verwies er abschließend auf Malpighis ‚*herrliche Abbildungen*.‘¹⁰³⁸

Natürlich hatte Pander durch die Unterstützung des Künstlers D’Alton ebenso die Möglichkeit, seine Beobachtungen exakt festzuhalten. So war es ihm möglich, seinen ‚*Beiträgen*‘ die elf außerordentlich genau gezeichneten Kupfertafeln D’Altons beizufügen. Wie bereits unter der Analyse der Bildtafeln gezeigt wurde, entgingen dem Künstler bei der Beobachtung des Embryos unter dem Mikroskop keine Details. D’Alton zeichnete sogar so genau, dass es ihm gelang, Strukturen abzubilden, von denen weder Pander noch er selbst im Jahr 1817 etwas verstanden hatten.

Bei beiden Forschern, Malpighi und Pander, zeigt sich hieraus also, wie genau es ihnen möglich war, die Entwicklung des Hühnerembryos durch das Mikroskop zu verfolgen. So waren Malpighis Figuren und Methodik, und nicht sein Verständnis der Entwicklungsprozesse,¹⁰³⁹ welche Pander und D’Alton bei der Anfertigung der ‚*Beiträge*‘ unterstützten. Hier war es eindeutig Panders eigene Arbeit, die zum tiefgreifenderen Verständnis der Embryonalentwicklung beitrug, indem er die ersten Entstehungsschritte anhand der blattförmigen Anlage des Embryos erläuterte. Bei der Idee, dass der Embryo

¹⁰³⁷ Pander 1817b, 45,48: ‚*Formatione pulli in ovo*‘: Tafel II und III, Figuren 12, 14, 16; ‚*Appendix repetitas*‘ Tafel IV, Figuren 30 und 33

¹⁰³⁸ Pander 1817a, 18.

¹⁰³⁹ Adelman 1966b, 1016–1017: Wie wenig über die Hühnchenentwicklung dem italienischen Forscher bekannt war, zeigte sich beispielsweise in seinen Irrwegen, die er in der Interpretation des Kerns des Hahnentritts, nach Pander heute ‚*Nucleus of Pander*‘ benannt, betrat. Dieser Kern wurde häufig als vorgeformter Embryo verkannt und erst Pander stellte in seiner Arbeit die Funktionslosigkeit dieses Gebildes in der folgenden Entwicklung heraus. Heute ist bekannt, dass der Kern des Hahnentritts zur Ernährung des Eis beiträgt.

aus einer blattförmigen Anlage entstand, lieferte eindeutig Caspar Friedrich Wolff den entscheidenden Impuls.¹⁰⁴⁰

Malpighi war, wie bereits aus der Analyse von Panders Methodik hervorging, ausschlaggebend für die Art und Weise, wie Pander die Eier präparierte und mikroskopierte. Bei seiner zweiten Dissertation hatte Malpighi das Blastoderm vom Dotter abgetrennt, sodass er es auf Glas gelegt unter dem Mikroskop hatte betrachten können, was die Genauigkeit seiner Untersuchungen erhöht hatte. Aus der Beschreibung der Methodik, die Döllinger verwendete und welche er Pander beibrachte, lässt sich schließen, dass Döllinger analog hierzu voring.¹⁰⁴¹ Hierdurch war es Malpighi möglich, die Entwicklung des Hühnerembryos während der ersten vier Tage genauer zu untersuchen, zu beschreiben und abzubilden.¹⁰⁴² Indem Pander sich ebenso auf die Untersuchung der ersten fünf Tage der Embryonalentwicklung des Huhns konzentrierte, war es ihm möglich,¹⁰⁴³ seine eigenen Beobachtungen mit den Figuren Malpighis hierzu zu vergleichen.¹⁰⁴⁴ Hieran konnte sich auch D'Alton in der künstlerischen Darstellung seiner Figuren richten.

Was Malpighis eigene, ontogenetische Theorie betraf, so ist bereits gezeigt worden, dass er sich diese nicht definitiv formulierte.¹⁰⁴⁵ Für ihn bedeutete embryologische Forschung in erster Linie, genau zu mikroskopieren, um anschließend erst vorsichtig die so erhaltenen Ergebnisse zu interpretieren.¹⁰⁴⁶ Dadurch, dass Malpighi nie eine strukturierte These zu seiner ontogenetischen Überzeugung verfasste, führten seine losen Anmerkungen, die er interpretierend seinen Beschreibungen der Embryonalentwicklung

¹⁰⁴⁰ Adelman 1966c, 1657.

¹⁰⁴¹ Adelman 1966a, 833.

¹⁰⁴² Bäumer-Schleinkofer 1993, 142.

¹⁰⁴³ Schmuck 2010, 104–105.

¹⁰⁴⁴ Adelman 1966a, PlateIV. From 2 to 3 days;

¹⁰⁴⁵ Bäumer-Schleinkofer 1993, 127–129: Durch die Anmerkungen, welche Malpighi in seinem Werk machte, ist es dennoch möglich, ihn den Anhängern einer epigenetischen Theorie anzurechnen.

¹⁰⁴⁶ Adelman 1966a, 819–820.

hin und wieder beifügte, zu einiger Verwirrung¹⁰⁴⁷ Aufgrund seiner Formulierungen wurde er nachträglich den Vertretern der Präformation zugeordnet, was so zu eindimensional betrachtet ist. Betrachtet man sein Werk der Embryonalentwicklung des Huhns umfassend, so wird deutlich, dass Malpighi eher dazu neigte, die Bildung des Embryos epigenetisch zu erklären.¹⁰⁴⁸

Auch in Panders Motivation, die Hühnchenentwicklung rational zu beobachten und seine mikroskopischen Studien genau graphisch festzuhalten, ohne vorschnell zu urteilen, finden sich Parallelen zur Arbeitsweise des italienischen Embryologen,¹⁰⁴⁹ wie der folgende Auszug aus Panders Vorwort zu den Kupfertafeln zeigt: „*Deshalb wurde die treueste Darstellung jeder einzelnen Wahrnehmung unser Hauptbemühen, darum konnten wir, die wir vorläufig auf das eigene Urtheilen verzichtet hatten, nie einem Theile mehr Wichtigkeit zuschreiben, als dem andern [...]*.“¹⁰⁵⁰ Pander äußerte sich auch nicht explizit im Sinne eines Befürworters, oder Gegners, in Bezug auf Marcello Malpighis ontogenetische Sichtweise, da sich jener ja zeitlebens davon ferngehalten hatte, in seinen embryologischen Forschungen dogmatisch zu sein. Die Art und Weise, wie er das Werk seines Vorreiters bei seiner eigenen Arbeit nutzte, war rein wissenschaftlich und beruhte eben auf der Eigenschaft Malpighis, durch exakte, deskriptive Mikroskopie einen wissenschaftlichen Beitrag zur Embryonalentwicklung des Huhns zu liefern.

Abschließend ist Malpighis Werk also vorsätzlich ein Vorbild für den Forscherkreis, bestehend aus Pander, D’Alton und Döllinger in der Art und Weise gewesen, wie Pander und Döllinger mit den Eiern verfahren. Für den Künstler D’Alton fanden sich in Malpighis Zeichnungen eine erste Vorlage für seine späteren, eigenen Kupfertafeln,

¹⁰⁴⁷ Ebd., 886:

¹⁰⁴⁸ Ebd., 885.

¹⁰⁴⁹ Ebd., 833–843: Vgl. hierzu die Analyse von Malpighis Dissertation und sein Verständnis von Entwicklungsprozessen

¹⁰⁵⁰ Pander 1817a, 29–30.

waren doch dem Kupferstecher bis zu seiner Ankunft in Würzburg „*Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte [...] wohl völlig fremd [...]*.“¹⁰⁵¹

b. Haller

„*Es sind keine kleinen Impulse, welche uns Albrecht von Haller zusammenfassend lehrt.*“¹⁰⁵² So führte Pander das Werk Albrecht von Hallers ‚*Sur la formation du coeur dans le poulet*‘ in seiner ‚*Dissertatio*‘ ein. In der Tat war es Albrecht von Haller hiermit gelungen, eine umfassende Beschreibung der Hühnchenentwicklung zu verfassen, wenngleich sie von einigen methodischen Fehlern und voreingenommenen Trugschlüssen begleitet war.¹⁰⁵³ Vorab wird Hallers Vorgehensweise bei seinen Studien betrachtet. Schon allein die Motivation, mit der Haller seine Arbeit begann, war eine gänzliche andere, als die Panders. Schrieb Pander in seinem Vorwort, dass er vor allem eine allumfassende, genaue und sachliche Beschreibung aller möglichen Entwicklungsstadien geben wolle,¹⁰⁵⁴ so begann Haller seine Untersuchungen von vorneherein mit der Intention, anhand der Entwicklung des Hühnchens die Präformation zu belegen.¹⁰⁵⁵

Aufgrund einiger methodischer Fehler, die Pander so nicht unterliefen, gelangte Haller daher teilweise zu schwer fehlerhaften Schlüssen. Zum einen entgingen ihm die frühen Stadien der Embryonalentwicklung, da er das Blastoderm nicht mit starker Vergrößerung unter dem Mikroskop betrachtete,¹⁰⁵⁶ zum anderen benutzte er in der Präparation des Embryos Weinessig, was zur Koagulation des Hühnereiweiß führte, was der Forscher dann fälschlicherweise als bereits vorhandene Strukturen interpretierte.¹⁰⁵⁷

¹⁰⁵¹ Baer 1866, 197.

¹⁰⁵² Pander 1817b, 16: Aus dem Lateinischen frei übersetzt: „*Non minoris momenti sunt, quae nos summus Albertus de Haller docuit.*“ Pander bezieht sich hier auf Hallers Werk über die Herzentwicklung von 1757.

¹⁰⁵³ Bäumer-Schleinkofer 1993, 179–190: Eine Analyse von Hallers Werk zur Herzentwicklung findet sich hier.

¹⁰⁵⁴ Schmuck 2010, 103–104.

¹⁰⁵⁵ Bäumer-Schleinkofer 1993, 176–179.

¹⁰⁵⁶ Ebd., 177.

¹⁰⁵⁷ Ebd., 189.

Zwar untersuchte er für sein Werk *„Sur la formation du couer dans le poulet“*, was insgesamt als großartige Leistung zu werten ist, im Jahr 1758 an die 300 Eier, doch seine Beobachtungen der frühen Embryonalentwicklung lieferten keine neuen Erkenntnisse.¹⁰⁵⁸ Auch fehlte es Hallers Werk an Graphiken, was das Verständnis zusätzlich erschwerte.¹⁰⁵⁹ In seiner Beschreibung des Dottersacks und der Gedärme ging er davon aus, dass beide Häute kontinuierlich ineinander übergangen und schließlich auch, dass die Wandungen der Gedärme kontinuierlich in die äußerste Leibeswand, also in die Hauthülle, des Embryos überging.¹⁰⁶⁰ Diese Annahme zeigt, wie wenig er von den verschiedenen Schichten beobachtet und verstanden hatte, aus denen sich die wesentlichen Leibeshöhlen und Eihäute des Embryos bilden. Ob er die verschiedenen Lamellen der Leibeshöhlen einfach nicht sah, weil er keine ausreichend vergrößernden Mikroskope verwand, oder ob er diese These postulierte, um die Präformationstheorie zu bekräftigen, bleibt offen. Denn die Theorie der Membrankontinuität, in welcher Haller seine fehlerhaften Beobachtungen zusammenfasste, wandte er als ausschlaggebenden Beweis für das Zutreffen der Präformationstheorie an. Hieraus folgerte er, dass das der Embryo bereits vollständig von Beginn an im Ei angelegt sei, da durch den gemeinschaftlichen Verlauf der Dotterhaut und der embryonalen Häute dieser selbst nie ohne Ei existieren konnte.¹⁰⁶¹

Doch auch seine Untersuchungen lieferten konstruktive Beiträge, was die rationale Erforschung der späteren Stadien der Organogenese in der Embryonalentwicklung des Huhns betraf. Hier ist hauptsächlich Hallers Beschreibung der Herzentwicklung zu nennen. Hierin begründete Haller seinen größten Beitrag zur Erforschung der

¹⁰⁵⁸ Ebd., 179.

¹⁰⁵⁹ Ebd., 180.

¹⁰⁶⁰ Ebd., 189.

¹⁰⁶¹ Ebd.

Embryonalentwicklung.¹⁰⁶² Denn seit Malpighi hatte sich niemand mehr vor Haller so ausführlich mit der Bildung dieses Organs beschäftigt.¹⁰⁶³

Es gelang ihm, das Herz zum ersten Mal in der 38. Entwicklungsstunde zu sehen. In den folgenden Entwicklungsstunden bildete sich ein dreigeteilter Kanal, den Haller in Auricel, Ventrikel und den Bulbus aortae teilte. Ab der 48. Stunde schließlich entdeckte Haller, durch Entfernen der umgebenden Hülle des Herzens, die Struktur der Herzscheife, wonach er seine folgenden anatomischen Beschreibungen richtete. Zum einen beschrieb er korrekt die Bildung des Auricularkanals, wie sich dieser in zwei Räume teilte und schließlich verschwand. Er stellte, im Gegensatz zu Malpighi, fest, dass das Herz zu Anfang nur aus einem Ventrikel bestand und sich erst im Verlauf in rechten und linken Ventrikel untergliederte. Was die Aorta betraf, so beschrieb er den heute noch nach ihm benannten Bulbus aortae, sowie es ihm gelang, die paarige Anlage der Aorta und die zugehörigen Bogenarterien zu sehen. Hier war es ihm möglich, einige Fehlinterpretationen Malpighis auszuräumen und die weitere Entwicklung des Herzens präzise und korrekt zu beschreiben.¹⁰⁶⁴

Auch Pander erkannte Hallers Leistung auf diesem Gebiet an. Demnach benannte der junge Embryologieforscher die Strukturen des Herzens, jenseits der 60. Entwicklungsstunde, nach der Nomenklatur Hallers. Auch eine genauere Erläuterung, wie sich das Herz denn weiterentwickelt, lieferte er nicht, da es nicht nötig wäre „eine weitläufige Beschreibung dieser Metamorphose hier zu geben, da Haller eine so vortreffliche Erläuterung [...] davon geliefert hat, daß kaum etwas zu wünschen übrig bleibt, und wir uns nur darauf beziehen können.“¹⁰⁶⁵ Neben der Herzentwicklung fand Hallers

¹⁰⁶² Ebd., 188.

¹⁰⁶³ Ebd., 186.

¹⁰⁶⁴ Ebd., 186–188.

¹⁰⁶⁵ Pander 1817a, 18.

Werk keine nennenswerte Erwähnung mehr in Panders Arbeit. Warum verzichtete Pander darauf, sich weiter auf Hallers Werk zu berufen?

In seiner Beschreibung der Entstehung des Herzens hatte Haller die weiteren Entwicklungsvorgänge akkurat niedergeschrieben. Dennoch hatte Haller seine embryologischen Arbeiten voreingenommen ganz dem Beweis der Präformation gewidmet. Hierbei war Hallers Theorie der Präformation aber weitaus differenzierter, als die seiner Vorgänger. Denn er forschte zu genau, um von einfachen, präexistierenden Strukturen ausgehen zu können. So bedeutete Präexistenz bei ihm viel mehr, dass der Embryo, aufgrund der Theorie der Membrankontinuität, von Beginn an im Dotter lag, und somit dem Ei die zentrale Bedeutung zukam. Hieraus bildete sich der Embryo durch Umformung. Die Umformung wurde getrieben von der Kraft des Herzens, sodass sich die bereits existierenden Anlagen zur morphologisch vollständigen Struktur entfalteten.¹⁰⁶⁶

Der Begriff des Umformens, wie ihn Haller verwendet hatte, hätte im Vergleich zum Begriff des Umfaltens, wie ihn Pander verwendete, zu einigen Missverständnissen führen können. Veranschaulicht findet sich dies besonders in der Art und Weise, wie Pander das Erklärungsmodell einführte, dass der Embryo aus den Blättern der Keimhaut entstand. Dies beschrieb er wie folgt: *„Die gesamte Darstellung des lebenden Thiers und seiner Theile aus der Keimhaut lassen sich alle auf zwei Momente zurückführen: entweder es entwickeln sich an ihr die bedeutungsvollen Keime des Blut- und Nervensystems, als die beiden Systeme durch welche der individuell werdende Lebensproceß fortgeführt werden soll, oder sie selbst bildet allein durch den einfachen Mechanismus des Faltens den Leib und die Eingeweide des Thiers[...] Und zum dritten Mahle sendet sie Falten aus, um den aus ihr und durch sie gebildeten Fötus in passende Hüllen einzuwickeln. Daher es denn niemand befremden mag, wenn im Verlaufe [...] so viel von Falten und Umschlagen die Rede ist.“*¹⁰⁶⁷ Gerade dieser Passus hätte, isoliert gesehen,

¹⁰⁶⁶ Bäumer-Schleinkofer 1993, 185–190.

¹⁰⁶⁷ Pander 1817a, 6–7.

auch im Sinne der Präformation, wie Haller sie differenziert verstand, interpretiert werden können. Anders formuliert, könnte man dies auch so verstehen, dass durch Umformung der Keimhaut sich der Embryo ausbildete. Folglich existierte die Anlage des Embryos bereits zu Beginn der Entwicklung, was als präformiert zu verstehen ist.

Umso notwendiger wurde eine richtungsweisende Aussage von Pander, betrachtet man, zusätzlich zu oben dargestellter Aussage, seine Einführung der zweiblättrigen Keimscheibe, die er so beschrieb: „*Gegen die zwölfte Stunde besteht nun die Keimhaut aus zwei gänzlich verschiedenen Lamellen, einer innern, [...], und einer äußern, [...], welcher letztern wir der genauern Bezeichnung [...] des serösen Blatts geben, so wie wir die erstere das Schleimblatt heißen. Kaum dünkt es uns nothwendig zu erinnern, daß man diese beiden Schichten einer Haut nicht mit Wolffs äußerer und innerer Dotterhaut, [...] verwechseln dürfe, da hier von etwas die Rede ist, was Wolff nur ahndete und Haller leise berührte.*“¹⁰⁶⁸ Hieraus leitet sich ab, dass Pander davon ausging, dass beide Embryologieforscher, vertraten sie zwar völlig unterschiedliche ontogenetische Sichtweisen, bereits in ihren Untersuchungen die Keimhaut des Hühnerembryos beobachtet hatten, wenngleich sie dies noch nicht so verstanden hatten, wie es Pander selbst gelungen war.

Da Pander diese beiden konträren Embryologieforscher in der Einführung seines revolutionären Keimblattmodells erwähnte, musste er sich dazu äußern, wie er selbst die Bildung des Embryos aus diesen Blättern verstand. Dies war notwendig, um zu vermeiden, dass der Prozess des Umfaltens, wie Pander ihn wirklich meinte, missverstanden wurde.¹⁰⁶⁹ Denn im Gegensatz zu Wolff und Pander, die dies im Sinne einer zielgerichteten Bildung aus anfangs amorpher Substanz interpretierten,¹⁰⁷⁰ deutete Haller das

¹⁰⁶⁸ Pander 1817a, 5–6.

¹⁰⁶⁹ Ebd.: Bei der Beschreibung, wie die Keimhaut die zwei Schichten des ‚Serösen Blatts‘ und ‚Schleimblatts‘ ausbildete, verwies Pander darauf, dass „[...] hier von etwas die Rede ist, das Wolff nur ahndete und Haller leise berührte.“

¹⁰⁷⁰ Schmuck 2010, 106–107: Pander setzte für die Entwicklung des Embryos den Bildungstrieb, ganz nach Blumenbachs Verständnis, voraus.

Ausbilden der verschiedenen Organe aus einer zunächst nicht sichtbaren Anlage als Umformung eines präexistenten Keims, getrieben von der Kraft des Herzens. In dieser nicht sichtbaren Anlage, die im Laufe der Embryonalentwicklung Gestalt annahm, fand sich der bereits bestehenden, der erst zu späteren Untersuchungszeitpunkten sichtbar wurde.¹⁰⁷¹

Wenngleich deutlich wird, dass man Panders Aussagen zum Prozess des Umfaltens hätte falsch interpretieren können, so ist doch das Vokabular, welches Pander bei seiner Beschreibung der Keimblätter nutzte, eindeutig einer epigenetischen Entstehungstheorie entnommen.¹⁰⁷² Denn Pander hatte sein Keimblattmodell an den Begriff der Metamorphose gekoppelt.¹⁰⁷³ Die Art und Weise, wie er die Metamorphose der Keimblätter, beschrieb, sprach eindeutig für ein epigenetisches Verständnis der Embryonalentwicklung. Dennoch verwies Pander bei der Beschreibung zu seiner ‚*Tafel der Durchschnitte*‘ darauf, dass der Prozess des Umfaltens und Ausdehnens der Keimblätter nicht im Sinne der Präformation zu verstehen war.¹⁰⁷⁴

Pander war sich folglich durchaus bewusst, welchen Einfluss auf ontogenetische Fragestellungen, seine Arbeit haben würde. Daher versuchte er, Interpretationen im Sinne der Präformation vorneweg auszuräumen. Auffällig ist auch, dass er sich nur bei der Entwicklung des Herzens auf Hallers Arbeit berief. Wie bereits dargelegt, war beispielsweise die Darstellung der Eihäute bei Haller viel zu voreingenommen interpretiert, als dass Pander dies im Sinne seiner rationalen, deskriptiven Arbeitsweise hätte verwenden können. Bei allen anderen wesentlichen Organsystemen verwies er auf andere Autoren.

¹⁰⁷¹ Bäumer-Schleinkofer 1993, 184.

¹⁰⁷² Schmuck 2010, 106–107.

¹⁰⁷³ Ebd., 106–108.

¹⁰⁷⁴ Ebd., 107.

Neben der Entstehung des Herzkreislaufsystems und des Nervensystems sind zentrale Prozesse der Embryonalentwicklung die Bildung der Eihäute und des Intestinaltrakts. Diese beiden Abschnitte hatte Caspar Friedrich Wolff ausführlich in seiner Abhandlung über die Bildung des Darmkanals im Hühnerembryo dargelegt, welcher, neben Blumenbach, als der größte Vertreter der Epigenese im 18. Jahrhundert galt.¹⁰⁷⁵

c. Wolff

„Alles Lob aber überstehen die Tugenden Wolffs Untersuchungen, welche teilweise in seinem Werk *Theorie der Generation und zum Teil in seinem Werk Über die Bildung des Darmkanals vorzufinden sind.*“¹⁰⁷⁶ Durch Wolffs Forschungen konnte Pander bereits auf der Idee aufbauen, dass der Embryo sich aus einer blattförmigen Anlage entwickelte.¹⁰⁷⁷ Am deutlichsten formulierte er dies in seiner Arbeit zur Bildung des Darmkanals im Hühnerembryo, die 1768 und 1769 erschien, sowie von Johann Friedrich Meckel 1812 ins Deutsche übersetzt wurde.¹⁰⁷⁸ So erfolgte die Bildung des Darmkanals laut Wolff aus einer anfangs flachen Gewebeschicht, die sich in den folgenden Entwicklungsstunden zum Darmrohr faltete.¹⁰⁷⁹ Wolffs Arbeit fand aus mehreren Gründen um 1769 nicht die Beachtung, die sie verdient hätte. Unter anderem war seine Arbeit schwer verständlich verfasst und blieb relativ unbeachtet im deutschsprachigen Raum,¹⁰⁸⁰ bis Meckel im Jahr 1812 eine deutschsprachige Version von Wolffs Arbeit veröffentlichte.¹⁰⁸¹ Die deutsche Veröffentlichung ermöglichte interessierten Naturforschern, die Arbeit Wolffs zu studieren, sodass man sich basierend hierauf eine erste Vorstellung von der Entwicklung des Darms aus einem Gewebeblatt bilden konnte, falls

¹⁰⁷⁵ Ebd., 33.

¹⁰⁷⁶ Pander 1817b, 17.

¹⁰⁷⁷ Schmuck 2010, 36.

¹⁰⁷⁸ Adelman 1966c, 1653.

¹⁰⁷⁹ Ebd.

¹⁰⁸⁰ Baer 1866, 200: Karl Ernst von Baer schrieb über Wolffs Beschreibung der Bildung des Darmkanals in seiner Autobiographie: „Doch war grade dieser Vorgang sehr vollständig von Kasp. Fried. Wolff untersucht und nur zu umständlich beschrieben, um leicht verständlich zu sein.“

¹⁰⁸¹ Adelman 1966a, 1049–1055.

man fähig war, zwischen den vielen, genau betitelten Strukturen Wolffs, die wesentlichen Schlussfolgerungen zu verstehen.¹⁰⁸² So beschrieb Karl Ernst von Baer, der Wolffs Arbeit selbst schwer verständlich fand, dass Pander hingegen die wesentlichen Schritte der Bildung des Darmkanals bei Wolff nachvollziehen konnte.¹⁰⁸³

Mit diesem Modell der Darmentwicklung stand Wolffs Arbeit unter allen anderen, vorherigen embryologischen Arbeiten heraus, indem er hiermit einerseits maßgeblich zum Beleg der Epigenese beitrug und andererseits hiermit die Grundidee lieferte, auf die Pander aufbauen konnten.¹⁰⁸⁴ Adelman maß Wolffs Arbeit hierbei sogar eine so große Bedeutung zu, dass er zu dem Schluss kam, dass ohne Wolffs Forschungen zum Darmkanal im Huhn, Pander nie zum Schluss gekommen wäre, dass die Grundlage der Embryonalentwicklung in der Bildung der dreiblättrigen Keimscheibe liegt.¹⁰⁸⁵ Eben dieses Werk Wolffs über den Darmkanal nahm sich Pander bei seiner eigenen Beschreibung dieses Organsystems zur Hilfe.

Wie gestalteten sich Wolffs Forschungsergebnisse über die Bildung des Darmkanals? Zunächst fand sich in Caspar Friedrich Wolff ein Embryologieforscher, der die Thesen der Präformation grundsätzlich zu widerlegen suchte.¹⁰⁸⁶ Obgleich er sehr genaue Untersuchungen durchführte, mangelte es seinen Ergebnissen dafür umso mehr an Anschaulichkeit und Verständlichkeit. Zwar berührte seine *Arbeit* ‚*De formatione intestinorum*‘ (1768-1769)¹⁰⁸⁷ bereits die Theorie, dass der Embryo aus einer blattförmigen Anlage entstand, indem er eingehen die Bildung des Darmkanals aus der ‚*Membrana intestinalis*‘¹⁰⁸⁸ beschrieb.¹⁰⁸⁹ Allerdings mangelte es ihm gerade in den frühen Studien

¹⁰⁸² Ebd., 1055.

¹⁰⁸³ Baer 1866, 200.

¹⁰⁸⁴ Schmuck 2010, 36–38.

¹⁰⁸⁵ Adelman 1966c, 1657.

¹⁰⁸⁶ Schmuck 2010, 36.

¹⁰⁸⁷ Bäumer-Schleinkofer 1993, 196.

¹⁰⁸⁸ Adelman 1966c, 1656.

¹⁰⁸⁹ Ebd., 1657: ‚*Wolff was quite right in regarding his findings as a crushing blow to the doctrine of preformation, and he stops every now and then to point this out. Another interesting feature of his work is*

der Embryonalentwicklung an Verständnis und Genauigkeit in seinen Beobachtungen. Ein grundlegender Fehler, der ihm hierbei unterlief, war die Annahme, dass das Blastoderm nur aus zwei Schichten bestand, wobei der Embryo an sich zwischen ihnen zu liegen kam.¹⁰⁹⁰ Die Ursache dafür, dass er die dritte Schicht übersah, war wohl darin begründet, dass er das Blastoderm immer von unten, also von der endodermalen Seite betrachtete. Dies verleitete ihn zu Fehlinterpretationen, da ihm die Prozesse der oberen Seite, also der ektodermalen, wo sich später die Primitivfalten bilden, verborgen blieben.¹⁰⁹¹

Zwei weitere Fehler unterliefen Wolff bei der Beschreibung des Darmkanals und es gelang Christian Heinrich Pander selbst, dies durch seine Untersuchungen zu verbessern. Zuerst verbesserte Pander Wolffs Annahme, dass der Darmkanal aus nur einer Schicht gebildet wurde. Tatsächlich bildet Schleimblatt Panders, das Endoderm nach heutigem Verständnis, die Wandung des Darmkanals. Aus dem Gefäßblatt Panders, nach heutigem Verständnis das Mesoderm und Endoderm, entstand das Mesenterium mitsamt dem Darm. Hierbei unterlief auch Pander eine unzureichend genaue Beschreibung, die erst Karl Ernst von Baer korrigierte: So bildete allein das Mesoderm das Mesenterium, während das Endoderm die Wandungen des Darmtrakts bildete. Karl Ernst von Baers Einsicht schließlich deckt sich korrekt mit den heutigen Auffassungen über die Schichtzuordnungen.¹⁰⁹² Der zweite Fehler, den Pander aufdeckte, war die Behauptung Wolffs, dass das Neuralrohr, von ihm noch als Rückenmark und Wirbelsäule fehlgedeutet, ohne Bedeckung in der Chorionhöhle lag. Pander konnte zeigen, dass hier mittig kein Loch innerhalb der Membranen bestand, sondern dass sich das Mesoderm

the parallel he draws between the formation of the intestine and the body wall, the latter, by the fusion of the laminae abdominals, forming an outer tube around the intestinal tube."

¹⁰⁹⁰ Ebd., 1654.

¹⁰⁹¹ Ebd.

¹⁰⁹² Ebd., 1702–1703.

bis über die Mittellinie erstreckte, um dann zusammen mit dem Endoderm, den Darm mit seinem Mesenterium zu bilden.¹⁰⁹³

Dies alles verbesserte Pander in einer Fußnote seiner ‚*Dissertatio*‘. Unter dem 10. Paragraph, welcher der 48. Entwicklungsstunde gewidmet war, beschrieb er, wie die inneren Falten des Embryos sich aus der Gefäßhaut und dem Schleimblatt bildeten.¹⁰⁹⁴ Da Panders Diskussion entscheidend darstellt, wie genau er mit bereits bestehenden Arbeiten zur Hühnerembryologie vertraut war, wie genau er selbst die Entwicklungsprozesse verstanden hatte und wie rational er hierbei argumentierte, soll dies wörtlich wiedergegeben werden. Dabei wurde der Originaltext frei aus dem Lateinischen übersetzt. *„Wolff ist ein Mann allen Lobes wert, welcher mit unglaublichem Fleiß und außerordentlicher Begabung in seinen Beschreibungen Dinge dargelegt hat, die man zu der Bildung des Darmkanals im bebrüteten Hühnchen, während seiner Bildung und seines Wachstums sehen kann, sodass man wenige, oder keine finden wird, die mit größerem Fleiß in die Geheimnisse der Natur selbst vorgedrungen sind.“*¹⁰⁹⁵ Hiernach fuhr Pander fort, weitere Untersuchungen zur Embryonalentwicklung des Huhns aufzuzählen, wobei er Lorenz Oken eine besondere Rolle zukommen ließ, da dieser sich besonders mit der Darmentwicklung auseinandergesetzt hatte: *„Aber seit Oken nicht ungerechtere Weise über Unverständlichkeit dieser Sachen [die Darmentwicklung bei Wolff] geklagt hat, möchten wir damit fortfahren, zuerst Wolffs Fehler zu untersuchen und dann eine neue Beschreibung über diese Fortpflanzung gewährleisten, die dabei allein den*

¹⁰⁹³ Ebd.

¹⁰⁹⁴ Pander 1817b, 40: *„Plicae externae ex omnibus blastodermatis stratis simul sumtis, internae vero ex strato vasculoso et pituitose sine strato seroso formantur.“* An dieser Beschreibung der Abfaltung des Blastoderms, entnommen aus dem eigentlichen Text seiner ‚*Dissertatio*‘, hängt Pander nun seine Anmerkung, welche Wolffs Bildung des Darmkanals diskutierte, als Fußnote an.

¹⁰⁹⁵ Pander 1817b, 40–41: *„Incredibili quadam diligentia et mira in delineando describendoque solertia Wolffius, vir omni laude dignissimus, de iis exposuit, quae in pullorum incubatorum formando et succrescenti canali intestinorum deprehendere licet; ut, qui majore cum sedulitate in latebras naturae ipsius penetraverint, qui majore cum curiositate ejus artificia indagaverint, aut paucos invenias, aut nullos.“*

Gesetzen der Natur zustimmt.“¹⁰⁹⁶ Laut Pander beruhte diese ganze Verwirrung hauptsächlich hierauf, dass laut Wolff und seinen Anhängern, das Blastoderm nur aus einer Schicht bestehe und diese folglich für alle Bildungen des Hühnerembryos verantwortlich sein musste.¹⁰⁹⁷ Diese Annahme widerlegte er wie folgt: „*Diese voreingenommene Meinung war der größte Nachteil für sie. Man kann die ganze Sache nicht klar und präzise verstehen, wenn man nicht die ganze Reihe der Veränderungen, welche sich in jeder einzelnen dieser Schichten der Membranen ereignen, vollständig entwirrt. Daher formt sich aus der serosen Schicht [Ektoderm] die Leibeswand des kleinen Körpers und die Bildung des Amnions folgt, und aus dem Schleimblatt und dem Gefäßblatt [Endoderm und Mesoderm], bilden sich der Darm und das Mesenterium.*“¹⁰⁹⁸ Klar formulierte Pander hier, aus welcher Schicht sich die jeweilige Struktur des Embryos bildete. Um dies so bestimmt zu formulieren, noch dazu gegen Caspar Friedrich Wolff, der seit Meckels erneuter Veröffentlichung 1812 seines Werks zu verbreiteterem Ansehen auf dem Gebiet der Embryologie gekommen war, musste Pander selbst zu einschlägigen Erkenntnissen und tieferen Verständnis gelangt sein.

Was die eigentliche Bildung des Darmkanals betraf, so zögerte der junge Embryologieforscher auch hier nicht, seinen Vorreiter bestimmt zu korrigieren: „*Wolff behauptete, dass dieser Kanal, oder zumindest der mittlere Teil, welcher die Wurzel des gesamten Darmkanals ist, durch das Zusammenwachsen von zwei vorher getrennten Blättern entsteht, eine Ansicht voll von Fehlern. Was die Membran betrifft, aus welcher der Darmkanal sich bildet, breitet sie sich auf der Oberseite des ganzen Fetus aus [von ventral, also von der ektodermalen Seite gesehen] und indem sie sich von beiden Seiten*

¹⁰⁹⁶ Ebd., 42 „*Quoniam vero Okenius non injuria de obscuritate harum rerum queritur, ingressi sumus primum ad Wolffii errores diseutiendos, deinde ad novam eamque ad naturae leges unice conformatam hujus procreationis descriptionem adornandam.*“

¹⁰⁹⁷ Ebd.

¹⁰⁹⁸ Ebd., 42–43: „*Quae praeconcepta opinio maxime iis obstuit. Potest enim tota omino res clare et distincte non perspicui, nisi quis omnem seriem transformationum, quaecumque in singulis hujus membranae stratis occurrunt, penitus enodaverit. [...] Itaque propagantus deinceps e membrana serose paries corpusculi atque amnium, e membrana vero pituitosa et vasculosa intestinorum canalis et mesenterium.*“

*kommend aufeinander zu bewegen, schließen sie sich zusammen und das Mesenterium ist gebildet.*¹⁰⁹⁹ Betrachtet man Panders Tafel der Durchschnitte,¹¹⁰⁰ so wird mit seinen genannten Ausführungen schnell deutlich, dass er in der Tat ein klareres Bild vor Augen hatte, wie sich der Darmkanal bildete, als all seine Vorgänger. So gelang es ihm, die Gedärme mit der Mesenterialwurzel und die Beziehung jener Strukturen zum Dottersack korrekt darzustellen.¹¹⁰¹ Zusammengenommen lieferte Pander also ein viel deutlicheres Bild dieses Entwicklungsprozesses. Nichtsdestotrotz darf man nicht außer Acht lassen, dass es Wolffs Werk überhaupt erst gewesen war, welches Pander diese Grundidee lieferte.¹¹⁰²

Indem Pander die Theorie weiterverfolgte, dass der Embryo sich aus einer blattförmigen Anlage entwickelte, schloss auch er sich einer epigenetischen Sichtweise der Embryonalentwicklung an. Pander ging in in seiner epigenetischen Darstellung der Embryonalentwicklung des Huhns sogar noch weiter. Klar stellte Schmuck Panders Verständnis der Keimblätter heraus: *„In der Dissertaion stellte Pander – und das war die Besonderheit dieser Arbeit – den Embryo als ein System von Membranen dar. Der Embryo selbst war eine Membran, [...].*¹¹⁰³ Bei der Interpretation eben dieser Vorstellung von Pander gilt es zu beachten, dass er selbst die Entwicklung des Embryos aus eben diesen Schichten an permanente Veränderung geknüpft hatte.¹¹⁰⁴ Demnach ist davon auszugehen, dass sich der junge Embryologieforscher intensiv mit Wolffs

¹⁰⁹⁹ Pander 1817b, 43 *„Quem canalem aut intestinum saltem medium, quod rudimentum est totius tractus intestinorum, Wolffius perhibuit cooriri inde, quod duae, separate antea laminae concreverent. Quae plena est erroris sententia. Quae enim membrana canalem intestinorum protrudit, ea supra totum foetum extensa est, et utrinque appropinquando ad se applicator. Quo sit, ut mesenterium efformetur.”*

¹¹⁰⁰ Pander 1817a, Tafel der Durchschnitte.

¹¹⁰¹ Adelman 1966c, 1703–1704.

¹¹⁰² Ebd., 1657.

¹¹⁰³ Schmuck 2010, 106.

¹¹⁰⁴ Ebd., 106–107: Vgl. hierzu auch Schmucks Verständnis von Panders Keimblattmodell. Hier wird ebenso betont, dass das Membranenmodell des Embryos nichts mit dem Verständnis eines präexistenten Keims, der sich nur noch umfalten musste, zu tun hatte. Im Gegenteil, weit entfernt angesiedelt von der Theorie der Präformation, erklärte Pander die Bildung des Embryos aus den Membranen anhand des Bildungstriebes und dass hervorgerufen hierdurch, kontinuierlicher, ständig fortschreitender Metamorphosen der Membranen stattfanden.

Abhandlungen auseinandergesetzt hatte. Daher ist es auch anzunehmen, dass Wolffs Theorie der Generation Einfluss auf Panders Forschungen hatte. Schon allein in Panders Vorwort seiner ‚*Beiträge*‘ spiegelt sich die Motivation nieder, die Studien der Embryologie so zu nutzen, dass sie ‚*jeden einzelnen Theil, von seinem Anfange bis zu seinem vollständigen Daseyn, in seiner Entwicklung darzustellen*‘;¹¹⁰⁵ vermochten. Erst durch ‚*eine vollständige, allseitig und vollkommen genügende Geschichte des bebrüteten Eyes*‘¹¹⁰⁶ war es möglich, ‚*ein Ganzes*‘¹¹⁰⁷ zu gestalten. Pander legte also, ganz im Sinne Wolffs, die Embryologie als grundlegende, philosophische Disziplin fest,¹¹⁰⁸ welche als einzige vermochte, kausale Schlüsse zu ziehen, und somit ein ganzheitliches Konzept der Entwicklung zu entwerfen.¹¹⁰⁹ Dabei ist dies bloß als Beginn von weiteren Forschungen Panders zu werten, die sich mit dem zentralen Punkt der Entwicklung und der damit verbundenen Veränderlichkeit des Organismus befassen.¹¹¹⁰ Doch da es neben Wolff in der Analyse, wie Pander Entwicklungsprozesse des Individuums und im übertragenen Sinne gesehen, verstand, noch einige andere Aspekte zu berücksichtigen gilt, soll diese Frage abschließend, nach der Darlegung von Panders Ergebnissen, beantwortet werden.

d. Tretern

‚*Und es ist nicht erlaubt, die genauen Beobachtungen eines sehr berühmten Mannes wie Graf de Tretern schweigend zu übergehen: ‚Dissertatio inauguralis*

¹¹⁰⁵ Pander 1817a, III.

¹¹⁰⁶ Ebd., IV.

¹¹⁰⁷ Ebd.

¹¹⁰⁸ Schmuck 2010, 34–36; Vgl. hierzu Schmucks Darstellung von Wolffs buchstäblicher Theorie der Generation und seiner deduktiven Forderung an die Anatomie, Physiologie und Embryologie, die sich hieraus erschlossen.

¹¹⁰⁹ Ebd., 102–104: Vgl. hierzu Schmuck, der bereits hier Panders und D’Altons Studien zur Vergleichenden Osteologie in das, auf Ganzheit gerichtete und naturphilosophisch inspirierte, Entwicklungskonzept von Pander bezieht, welches er bei seinen embryologischen Studien vertrat.

¹¹¹⁰ Schmitt 2005: Vgl. hierzu für einen Überblick über Panders Beschäftigung mit Embryologie, Vergleichender Osteologie und der damit verbundenen Erörterung der Frage nach der Veränderlichkeit des Organismus, individuell und auf eine allgemeine Bestimmung ausgeweitet.

medica sistens ovium historiae et incubationis prodromum “¹¹¹¹ Neben Wolff, Haller und Malpighi, die bereits zu Panders Zeiten bekannt für ihre embryologischen Arbeit waren, nannte er Trederns Dissertation als Quelle, auf welche er sich in seinen Forschungen berief. Dies unterstreicht, wie wichtig Trederns Arbeit für die empirische, embryologische Forschung war, wenngleich nichts Weiteres von dessen Untersuchungen überliefert ist. Schmuck sah in Trederns Studien „*die erste bedeutende Arbeit zur Embryologie aus dem Umkreis Döllingers*.“¹¹¹²

Ludwig Marie Sebastian von Tredern de Lezerec hatte, neben Lorenz Oken, sich unter Döllingers Anleitung bereits über zehn Jahre vor Christian Heinrich Pander mit der Hühnerembryologie beschäftigt. Interessant ist, was Trederns Forschungen betrifft, dass jener sich bereits vor seinem Studium in Würzburg bei Döllinger mit embryologischen Forschungen befasst hatte und diese dann in Göttingen fortsetzte, um im Jahr 1808 seine Ergebnisse im Rahmen seiner Dissertation zu veröffentlichen.¹¹¹³ Dies sah er nur als vorläufige Arbeit an, woraufhin noch genauere Ausführungen folgen sollten.

Tredern unterteilte seine Arbeit in sechs Abteilungen, in welchen er unter anderem eingehend die bereits vorhandene Literatur diskutierte.¹¹¹⁴ Bei seinen mikroskopischen Studien legte sich Tredern ganz bewusst auf die fortgeschrittenen Stadien der Embryonalentwicklung fest. Hierbei nutzte er kein Mikroskop, sondern lediglich eine Lupe.¹¹¹⁵ Pander hingegen konzentrierte sich darauf, die ersten fünf Tage der Entstehung des Huhns im Ei genauestens mikroskopisch zu untersuchen. Betrachtet man die Erkenntnisse, welche Tredern mit seiner Arbeit beitragen konnte, die Embryonalentwicklung des Huhns zu verstehen, so ist die abschließende Bewertung ernüchternd. Wie bereits Bäumer-Schleinkofer schloss, beschrieb Tredern vor allem im Kopfbereich neue,

¹¹¹¹ Pander 1817b, 17.

¹¹¹² Schmuck 2010, 75.

¹¹¹³ Ebd., 72–73.

¹¹¹⁴ Ebd., 75.

¹¹¹⁵ Ebd.

anatomische Strukturen, darunter Bereiche der Nase und des Hörsystems.¹¹¹⁶ In den zentralen Bereichen der Organogenese, nämlich bei der Beschreibung des Herzkreislaufsystems, sowie der Bildung des Gastrointestinaltrakts, waren es weiterhin Wolffs und Hallers Werke, welche hier das wissenschaftliche Fundament für Pander lieferten. Worin lag also die Bedeutung Trederns für die Arbeit Panders?

Pander nahm zu Trederns Werk an zwei Stellen seiner ‚*Dissertatio*‘ Bezug. Hierbei verwies Pander auf die Figuren Trederns. Interessant ist hierbei die Stelle, wo er Trederns These, dass das Amnion mit der Dotterhaut verschmilzt, korrigierte. „*Tredern fig. II 4. 4 irrt sich, indem er diesen Zusammenschluss des serösen Blatts für das Amnion hält.*“¹¹¹⁷ In seinen deutschen Beiträgen präziserte Pander diesen Kritikpunkt noch,¹¹¹⁸ indem er die Figur 11 Trederns, in welcher der Embryo eingebettet in seine umgebenden Hüllen zu sehen ist, zwar als anatomisch naturgetreu abbildend bezeichnete, allerdings erneut auf die Fehlinterpretation Trederns hinwies. So beschrieb Pander korrekt, wie sich das Chorion als kontinuierliche und als äußerste gelegene Hülle auch um das Amnion schloss: „*Mit dieser Schließung ist eine besondere Metamorphose der beiden Blätter des Amnions verbunden. Während das innere Blatt, welches wir mit Wolff wahres Amnion [Amnion] nennen wollen, einen mit Wasser angefüllten Sack oder eine Blase bildet, die den Fötus bis zum Unterleib, [...], einhüllt; erlangt das äußere Blatt, welches wir das falsche Amnion heißen [Chorion], [...], jene Selbstständigkeit, durch die es, spürt man seiner Entstehung nicht nach, ganz unkenntlich wird, Es entfernt sich die Stelle, wo sich die Naht zuschloß, [...], von dem unter ihm gelegenen wahren Amnion, verbreitet sich flach über den, in seinem wahren Amnion eingeschlossenen Fötus und erstreckt sich über die Keimhaut bis zu ihrem äußersten Rande. So ersetzt es die verschwundene Dotterhaut, für welche man es leicht halten könnte; wie es auch*

¹¹¹⁶ Bäumer-Schleinkofer 1993, 216.

¹¹¹⁷ Pander 1817b, 57: Aus dem Lateinischen frei übersetzt: „*Tredern fig. II. 4. 4. Erravit dum hanc continuationem membranae serosae pro amnio habuit.*“

¹¹¹⁸ Pander 1817a, 25.

*allen frühern Naturforschern, namentlich Treder, gieng, der ohngeachtet er die Sache treu abbildet, verleitet wurde, zu glauben, das Amnion wachse an die Dotterhaut an.*¹¹¹⁹

Hierin war der Fehler Trederns begründet, der in dieser äußersten Haut, dem Chorion, immer noch die ursprüngliche Dotterhaut des Embryos sah. Pander war der erste Embryologieforscher, dem eine präzise Beschreibung gelang, wie sich die Eihäute, sowohl das Amnion, als auch das Chorion, um den Körper des Embryos schlossen.¹¹²⁰ Die weiteren, eingestreuten Erwähnungen Trederns sind lediglich ergänzend und wenig wegweisend, weshalb dies hier nicht weiter ausgeführt werden soll. Eher soll die Frage beantwortet werden, warum Pander sich nicht mehr auf Trederns Arbeit stützte, hatte der unbekannte Embryologieforscher doch eine unvoreingenommene, rationale und exakte Arbeit abgeliefert und wurde von Karl Ernst von Baer maßgeblich hierfür geschätzt.¹¹²¹

Wenngleich Trederns Arbeit für das wissenschaftliche Potential, welches diese ersten Studien offenbarten, vielerorts gelobt wurde und seine Zeichnungen sehr genau geraten sind, so verwies Pander dennoch deutlich häufiger auf die Abbildungen Malpighis. Worin war dies begründet? Ganz offensichtlich bedingte sich dies schon durch den Zeitraum, in welchem Pander selbst seine intensiven Studien durchführte. Pander beschränkte sich hierbei schwerpunktmäßig auf die ersten fünf Entwicklungstage.¹¹²² Um hier genauestens morphologische Veränderungen beobachten zu können, bedurfte es eines Mikroskops. Allerdings hatte Treder bei seiner Arbeit kein Mikroskop angewandt, sondern nur eine Lupe und hatte hiermit die späteren Stadien der Embryonalentwicklung des Huhns untersucht.¹¹²³

¹¹¹⁹ Pander 1817a, 25.

¹¹²⁰ Bäumer-Schleinkofer 1993, 221–222.

¹¹²¹ Schmuck 2010, 75.

¹¹²² Ebd., 101.

¹¹²³ Ebd., 75.

Malpighi hingegen hatte die frühen Stadien systematisch mikroskopisch beobachtet.¹¹²⁴ Sehr genau hatte er die Keimscheibe, die Primitivfalten, die Neuralfalten, die Somiten und das Neuralrohr, samt der Hirnbläschen, gezeichnet, weshalb Pander nichts anderes übrigblieb, als hier auf die Tafeln des italienischen Embryologen zu verweisen.¹¹²⁵ Auch hatte Malpighi seine Tafeln chronologisch und thematisch geordnet, während Trederns Tafel unsortiert von den Augen des Embryos, bis hin zu den Gedärmen, verschiedenste Strukturen darstellte.¹¹²⁶

Gerade aber die schwierigsten Schritte der Embryonalentwicklung, nämlich der Ursprung der Organanlagen aus den Keimblättern, finden sich bei Tredern überhaupt nicht abgebildet. Da sich Pander vorzugsweise auf die Entwicklung der frühen Embryonalentwicklung konzentrierte, konnte er Trederns Tafeln kaum nutzen. Lediglich die Figur 11 erlaubt eine Ahnung davon, dass Tredern den höhlenartigen Aufbau des Embryos erkannt hatte.¹¹²⁷ Dass seine Beobachtungen hier trotzdem nicht genau genug waren, bestätigte gleich Pander selbst, indem er Tredern in dessen Darstellung des Amnions korrigierte.¹¹²⁸

Was die Abbildungen betraf, so ist hier nach wie vor, Malpighi die größte Bedeutung für Panders embryologische Werke zuzuschreiben. Dennoch bestärkte Trederns Art und Weise, Entwicklungsgeschichte naturwissenschaftlich und rational zu untersuchen, ohne auf voreingenommene Thesen zu bauen, sicher Panders Vorsatz, sich ebenso auf empirisch beobachtete Tatsachen zu berufen.¹¹²⁹ Auch ging Tredern bereits selbstverständlich von einer epigenetischen Entstehung des Huhns aus, ohne sich jemals

¹¹²⁴ Bäumer-Schleinkofer 1993, 142.

¹¹²⁵ Pander 1817b, 31; 33; 34: Pander bezog sich hier hauptsächlich auf die ersten zweiten Tafeln von Malpighis Werk *Appendix repetitas auctasque de ovo incubato observationes continens*, was sein zweites Werk war, in welchem er bereits die verbesserte Methodik verwand, das losgelöste Blastoderm unter dem Mikroskop zu betrachten.

¹¹²⁶ Schmuck 2010, 79–81.

¹¹²⁷ Tredern 1808, Kupfertafel; Figur 11

¹¹²⁸ Pander 1817a, 25.

¹¹²⁹ Schmuck 2010, 76–78.

explizit dazu zu äußern.¹¹³⁰ Auch Pander legte sich in seiner Begrifflichkeit von an auf eine epigenetische Sichtweise fest.¹¹³¹ Hier deutet sich bereits der Wandel der Lebensforschung an,¹¹³² welcher sich zum beginnenden 18. Jahrhundert formierte, sodass schon bald, die Diskussion zwischen Epigenese und Präformation sowieso hinfällig wurde, da die Theorie der Epigenese fest angenommen war.¹¹³³

e. Döllingers Rolle bei der Dissertation Panders

i. Döllinger als wissenschaftlicher Mentor und Pander als eigenständiger Forscher

Die Rolle, welche der Würzburger Professor bei den erfolgreichen Untersuchungen Panders übernahm, ist in ihrer Wichtigkeit nicht zu unterschätzen. Da Ignaz Döllinger bereits vor dem Beginn Panders Arbeit umfassend eigene Forschungen betrieben hatte,¹¹³⁴ so konnte der junge Student fundamental von dem Wissen und Fertigkeiten seines Mentors profitieren. Von großer Bedeutung war sicher die wissenschaftliche Methodik Döllingers, die Eier zu präparieren und zu mikroskopieren. Außerdem konnte Döllinger während der gemeinsamen Studien mit Pander und D'Alton an beide seine naturphilosophisch begründete Motivation weitergeben, Entwicklung nicht nur individuell, sondern umfassend verstehen zu wollen. Es gilt folglich, diese Einflussgebiete des Würzburger Professoren auf Pander als angehenden Naturforscher zu untersuchen.

¹¹³⁰ Ebd., 76.

¹¹³¹ Ebd., 105–107.

¹¹³² Ebd., 69: Schmuck benannte Trederns Dissertation als „*ikonische Wende*“, da dieser zum ersten Mal seit Haller und Wolff unvoreingenommen intensive Studien zur Hühnerembryologie auf sich nahm und seine Ergebnisse rational und deskriptiv, jedoch nicht interpretierend, festhielt.

¹¹³³ Ebd., 247: „*Die Präformationstheorie war – zumal in ihrer strikten Form als „Einschachtelungstheorie“ – im 19. Jahrhundert obsolet geworden; die Lehre von der Epigenese klang jedoch verdächtig naturphilosophisch und lieferte außerdem nur eine unbefriedigende Erklärung für das Problem der Merkmalsübertragung zwischen den Generationen. Die Präformationslehre als veraltet bzw. widerlegt, Epigenese dagegen als modern und „siegreich“ zu betrachten verkürzt das Problem.*“

¹¹³⁴ Ebd., 61–64: S. hier zu den embryologischen Forschungsarbeiten der Schüler, welche Döllinger betreute, sowie sein Werk über die Zeugung von 1816. Über die bei Schmuck dargestellten embryologischen Arbeiten hinaus, beschäftigte sich Döllinger aber bereits viel früher, wie bereits gezeigt, mit entwicklungsgeschichtlicher Forschung, sodass er ab dem Jahr 1804 bis zur Ankunft Panders in Würzburg auf 12 Jahre Erfahrung zurückblicken konnte.

Widmen wir uns zunächst, was Döllinger seinem anvertrauten Schüler in der empirischen Methodik entwicklungsgeschichtlicher Forschungen mit auf den Weg geben konnte.

Pander selbst äußerte sich zu den außerordentlichen Vorzügen, welche er durch Döllingers Betreuung erhielt, im Vorwort seiner ‚*Dissertatio*‘.¹¹³⁵ Er betonte, wie viel er „mit Wohlwollen“¹¹³⁶ von seinem Doktorvater erhielt und dass Döllinger hierbei immer wollte, dass alle wissenschaftlichen Erfolge, welche Pander durch seine Forschungen erreichen konnte, nur seinem Schüler allein angerechnet wurde. Außerdem wurde Pander sorgfältig in die wissenschaftliche Methodik eingeführt. Döllinger zeigte seinem Schüler, wie er mit den Hilfsmitteln und Instrumenten effizient arbeitete. Darüber hinaus stand er Pander stets mit Rat zur Seite.¹¹³⁷

Wie bereits in der Analyse der Art und Weise, wie Pander die bebrüteten Eier für das Mikroskopieren präparierte, gezeigt wurde, war Döllingers Methodik hierin maßgeblich für den schnellen Erfolg seines Studenten verantwortlich. Die Umständlichkeit embryologischer Forschungen war unter anderem darin begründet, dass es damals noch kein allgemein gültiges Verfahren gab, nach welchem man sich in der Bearbeitung der bebrüteten Eier richten konnte. Der Erfolg des Naturforschers hing also direkt davon ab, wie genau es ihm gelangte, den Hühnerembryo zu präparieren und anschließend zu mikroskopieren.¹¹³⁸

Deutlich zeigt sich die entscheidende Rolle der korrekten Methodik, das intakte Blastoderm vom Dotter getrennt, auf Glas gelegt unter dem Mikroskop zu betrachten, in Marcello Malpighi. Der italienische Embryologe, der für seine mikroskopischen

¹¹³⁵ Pander 1817b, 2–3.

¹¹³⁶ Ebd., 2.

¹¹³⁷ Ebd., 2–3:

¹¹³⁸ Bäumer-Schleinkofer 1993, 142: Bereits vor Christian Heinrich Pander hatte Malpighi das Mikroskop systematisch eingesetzt und das Blastoderm losgelöst vom Dotter auf Glas betrachtet, sodass bereits der italienische Naturforscher genauere Ergebnisse in der Darstellung der frühen Embryonalentwicklung des Huhns bis zum vierten Tag beitrug.

Fertigkeiten weit bekannt war, fertigte eine ausführliche, erste Studie der Hühnchenentwicklung an. Nach dieser ersten Untersuchung verbesserte er seine Methodik, sodass er in seinen folgenden, zweiten Studien das Blastoderm losgelöst vom Dotter allein unter dem Mikroskop betrachten konnte.¹¹³⁹ Durch diese Verbesserung lieferte seine zweite Abhandlung viel genauere Ergebnisse zu den frühen Stadien der Embryonalentwicklung, als seine erste.¹¹⁴⁰ Ein weiterer Beleg für das Argument, dass das methodische Vorgehen in der embryologischen Forschung maßgeblich den Erfolg des Naturwissenschaftlers bestimmte, findet sich in Albrecht Hallers Werk über die Herzentwicklung. Hallers Arbeit war in der Beobachtung der frühen Embryonalentwicklung von Beginn an wenig erfolgsversprechend, da er keine ausreichend vergrößertes Mikroskop anwandte, sodass er die frühen Stadien nicht genau untersuchen konnte.¹¹⁴¹

Döllinger hingegen hatte den Ablauf der Forschungsarbeit von Beginn an präzise durchdacht und geplant, sodass schwerwiegende, methodische Fehler in Panders Arbeit von Beginn an umgangen wurden. Vor dem Hintergrund betrachtet, dass Döllinger bereits im Jahr 1804 entwicklungsgeschichtliche Forschungsarbeiten betreute, tritt deutlich hervor, wie wichtig die eigenständige Durchführung rational, empirisch aufgebauter Experimente war. Döllinger hatte also in diesen zwölf Jahren genügend Gelegenheit, seine eigene mikroskopische Technik zu etablieren. Darüber hinaus hatte der Würzburger Professor ebenso Erfahrung darin gesammelt, seine Schüler in entwicklungsgeschichtlichen Forschungen anzuleiten.¹¹⁴² Der Würzburger Professor betonte, dass das mikroskopische Beobachten zum Studieren der Bildungsprozesse hierbei die größte Rolle spielte. Auch hatte er erkannt, dass eine embryologische Arbeit ohne

¹¹³⁹ Adelman 1966a, 833.

¹¹⁴⁰ Bäumer-Schleinkofer 1993, 127: Malpighi begann seine zweite embryologische Arbeit, die sich erneut mit der Entwicklung des Huhns auseinandersetzte, da er mit den Ergebnissen seiner ersten Version nicht zufrieden war, da diese seinen Ansprüchen an eine exakte Darstellung der gesehenen Strukturen nicht erfüllten.

¹¹⁴¹ Ebd., 177.

¹¹⁴² Schmuck 2010, 61–62.

Abbildungen wenig wert ist, da sich der Leser so nur schwerlich die genannten Strukturen und deren morphologische Veränderungen vorstellen konnte. So bat er den talentierten Kupferstecher D'Alton, diese Aufgabe zu übernehmen.¹¹⁴³

Hieraus wird deutlich, dass Panders Erfolg durchaus direkt abhängig von Döllingers eigenen Forschungen war. Daher ist es nicht verwunderlich, dass, nachdem Panders Dissertation erschienen war, die Frage aufkam, inwieweit der junge Student überhaupt eigenständig gearbeitet hatte. Immerhin hatte er nur ein gutes Jahr unter Döllingers Anleitung benötigt, seine bahnbrechenden Ergebnisse in der embryologischen Forschung zu etablieren.¹¹⁴⁴ Dies ist differenziert zu werten. Klar herausgestellt werden muss die Tatsache, dass Christian Heinrich Pander ohne die Vorarbeit seines Mentors und Betreuers Ignaz Döllinger nicht in der Lage gewesen wäre, so schnell zu so einem weitreichenden Konzept, wie es die Erstbeschreibung der Keimblatttheorie ist, zu gelangen. Dafür gab es zu Panders Forschungszeitpunkt zu wenige rationale und empirische Quellen, wie man bei der Untersuchung des Hühnerembryos am besten vorgeht. Selbst Marcello Malpighi erwähnte seine angewandte Methodik nirgends explizit, sodass interessierte Naturforscher in die Lage versetzt wurden, selbst experimentieren zu müssen.¹¹⁴⁵ Denn gerade in der exakten, mikroskopischen Aufarbeitung der ersten fünf Entwicklungstage ist der Erfolg Panders Arbeit begründet.¹¹⁴⁶ Und dieses Vorgehen verdankte Pander eindeutig der umsichtigen Planung Döllingers. Indem dieser seinem Studenten zusätzlich eine effiziente Methodik zeigte, die Hühnerembryonen zu präparieren und zu mikroskopieren war der Grundstein für Panders schnellen Erfolg gelegt.

¹¹⁴³ Baer 1866, 196–199.

¹¹⁴⁴ Walter 1841, 84–87: In seiner Gedenkrede an Ignaz Döllinger schrieb Walter, dass Döllinger durch seine jahrelangen Studien den entscheidenden Beitrag zur Erforschung der Embryonalentwicklung des Huhnes beigetragen hatte. Außerdem sagte er, dass Döllinger sich bereits mit D'Alton verbunden hatte und Pander erst zu den bereits begonnenen Untersuchungen hinzutraf, woraufhin sie begannen gemeinschaftlich zu arbeiten.

¹¹⁴⁵ Adelman 1966a, 833: Erst die Analyse seines Werks durch Adelman, erlaubte auf Malpighis Methodik zu schließen.

¹¹⁴⁶ Schmuck 2010, 104.

Die Frage, ob Döllinger der Hauptuntersucher bei der Erforschung des Hühnerembryos war, während Pander ihm nur zuschaute,¹¹⁴⁷ ist anhand des Verständnisses, welches Pander nur durch eigenständige Studien hatte erreichen können, leicht zu beantworten. So stellte Baer klar, dass Pander selbst unmöglich zu so einem fundamentalen und völlig neuem Verständnis der Bildung des Embryos hätte gelangen können, wenn er nicht die Studien selbst betrieben hätte.¹¹⁴⁸ Selbst für den heutigen Leser ist es zeitaufwendig, sich aufgrund der bloßen Lektüre eines embryologischen Werks die Abfaltung der Leibeshöhle und die Bildung der extraembryonalen Membranen korrekt vorzustellen. Auch Karl Ernst von Baer, der zu ungeduldig war, um die Untersuchungen mit Döllinger, D'Alton und Pander bis ins Detail mitzuverfolgen, äußerte, zunächst Panders Arbeit überhaupt nicht verstanden zu haben.¹¹⁴⁹ Baer betonte, dass er die Entwicklung des Hühnchens und folglich auch Panders Dissertation erst zu verstehen begann, als er seine eigenen Experimente begann.¹¹⁵⁰

Dies unterstreicht nur das Argument, wie wichtig eigenständiges Studieren der verschiedenen Entwicklungsprozesse war, um selbst eine derartig neuartige und revolutionäre These, wie die Keimblatttheorie, formulieren zu können. Denn zu Beginn des 19. Jahrhunderts gab es, abgesehen von den ersten Ansätzen in Wollfs Arbeit zum Darmkanal des Huhns,¹¹⁵¹ noch keine Thesen dazu, wie sich der dreidimensionale Körper des Hühnerembryos aus einer zweidimensionalen, blattförmigen Anlage entwickeln konnte. So wird schnell deutlich, dass Pander tatsächlich selbst die verschiedenen Entstehungsschritte beobachtet haben musste, um basierend hierauf seine Theorie der blattförmigen Bildung des Embryos begründen zu können. Deutlich zeigte der junge Naturforscher auch in seinem Antwortbrief an Lorenz Oken, in welchem er umsichtig auf Okens Kritikpunkte seiner Arbeit einging, dass er durchaus ein differenziertes Verständnis der

¹¹⁴⁷ Walter 1841, 84–87.

¹¹⁴⁸ Baer 1866, 196–199.

¹¹⁴⁹ Ebd., 201.

¹¹⁵⁰ Ebd., 294–299.

¹¹⁵¹ Baer 1866, 294.

Embryonalentwicklung des Huhns erreicht hatte.¹¹⁵² So beschrieb Pander in seinem Antwortbrief erstmalig genau, dass der Herzschlauch wohl dem Mesoderm entstammte: „Um die Bildung des Herzens und des Darmcanals zu verstehen, muß man sich nur erst deutlich vorstellen, daß die Keimhaut aus drey für die Entwicklung des Fötus bestimmt verschiedenen Häuten besteht, von denen die unterste, die *Membrana pituitosa* (Schleimhaut), die Bildung des Darmkanals übernimmt, so wie die *Membrana vasculosa* (Gefäßhaut) Herz und Gefäße enthält, und die *Membrana serosa* (seröse Haut) Hülle des Rückenmarkes, Leibesseiten des Fötus und Amnion darstellt. Deutlicher erhellet dieses aus den hiebeyfolgenden ideellen Zeichnungen und deren Beschreibung.“¹¹⁵³ Dies ist ein schwer zu beobachtendes Detail in der Entstehungsgeschichte des Huhns. Daraus folgt, dass Pander eigenständig den Hühnerembryo genau und vollständig in seiner Bildung studiert hatte.

Wie sich aus den zukünftigen Werken Christian Heinrich Pander schließen lässt, widmete er, ganz im Sinne Döllingers, auch weiterhin einen Großteil seiner Zeit entwicklungsgeschichtlichen Forschungen. Sehr bekannt sind natürlich Panders und D’Altons gemeinsame, wissenschaftlichen Werke über die ‚*Vergleichende Osteologie*‘.¹¹⁵⁴ Doch auch die Hühnerembryologie blieb ein wissenschaftliches Thema, was Pander bis zu zehn Jahre später noch intensiv beschäftigen sollte.¹¹⁵⁵ Döllinger hatte sowohl Pander als auch Karl Ernst von Baer einen ersten Impuls gegeben, sich weiter mit entwicklungsgeschichtlichen und vergleichenden, anatomischen Forschungen zu befassen. Genauso wie schon sein Lehrer Döllinger, verbandte Pander hier bis zu zehn Jahre später

¹¹⁵² Oken 1818.

¹¹⁵³ Ebd., 515: Sehr deutlich wird hier, welche genaue Vorstellung der Organogenese aus einer blattförmigen Anlage sich Pander selbst erarbeitet hatte.

¹¹⁵⁴ Schmitt 2005, 4–7.

¹¹⁵⁵ Schmuck 2010, 97.

das Mikroskop als wichtigstes Forschungsinstrument, wie aus seinem Brief an Baer aus dem Jahr 1829 hervorgeht.¹¹⁵⁶

ii. Bewertung der Rolle naturphilosophischer Lehrern 1817 in der Dissertation von Pander

Es ist anzunehmen, dass Döllingers Einfluss auf Pander, in den Anfängen seiner naturwissenschaftlichen Forschungskarriere nicht bloß in der empirischen und methodischen Lehre lag. Wie unter der Analyse von Döllingers eigenen, entwicklungsgeschichtlichen Forschungen bereits gezeigt wurde, war dessen Motivation hauptsächlich metaphysisch begründet, wobei wesentliche Anteile seiner Interpretation, wie die Entstehung des Lebens zu erklären war, naturphilosophischen Konzepten entnommen waren.¹¹⁵⁷

Beim ersten Lesen Panders ‚*Dissertatio*‘, und auch seiner ‚*Beiträge*‘, fällt zunächst sein sachlicher, beschreibender Stil auf, der wenige Interpretationen, im Sinne der Deutung von Entwicklungsvorgängen, beinhaltet. Dies beabsichtigte Pander auch durchaus so, wie er mehrmals in seinem Werk betonte.¹¹⁵⁸ Dies so zu deuten, dass Pander selbst seine Forschungen frei von philosophischen Motiven betrieb, ist zu oberflächlich.¹¹⁵⁹ Denn neben der Aussage, nach welcher Pander der rationalen Beschreibung seiner Studienergebnisse zunächst den Vorrang zuschrieb, postulierte er, dass das

¹¹⁵⁶ Knorre 1973, 102: Im Jahr 1829 reagierte Pander in einem Brief an Karl Ernst von Baer auf dessen neu erschienenen embryologisches Werk über die Entstehung der Tiere. Dieses Werk war Pander gewidmet. Als Kritikpunkt fügte Pander unter anderem an, dass sich Karl Ernst von Baer ein neues Mikroskop anschaffen sollte, da sein aktuelles Instrument nicht gut genug sei.

¹¹⁵⁷ Schmuck 2010, 64–68.

¹¹⁵⁸ Pander 1817a, 29–30: Besonders deutlich betonte Pander den Vorrang der rein beobachtenden und beschreibenden Forschungsmethodik vor der vorzeitigen Formulierung entwicklungsgeschichtlicher Hypothesen in seinem Vorwort der Kupfertafeln. Hier beschrieb er, ganz bewusst auf Thesen verzichtet zu haben und dies zu einem späteren Zeitpunkt nachholen zu wollen.

¹¹⁵⁹ Schmuck 2010, 102: Auch Schmuck schließt aus Panders embryologischer Arbeit, zusammengenommen mit seinen späteren Werken zur ‚*Vergleichenden Osteologie*‘, dass der Naturforscher sehr wohl von naturphilosophischen Konzepten beeinflusst war, welche versuchten, Entstehungsprozesse hinreichend zu erklären.

allumfassende Ziel embryologischer Forschungen eine ganzheitliche Erklärung aller Entwicklungsprozesse sei.¹¹⁶⁰

Hierbei ist davon auszugehen, dass Pander damit meinte, seine rationalen Fakten, welche er bei seinen Studien gesammelt hatte, in ein möglichst vollständiges Konzept einzubauen, welches vermochte, Entwicklung an sich zu erklären. Diese Vorgehensweise ist im Sinne naturphilosophischer Forschungen, wie Schelling sie verlangte, zu werten. Allerdings sind die philosophischen Hintergrundgedanken und Begriffe, welche Pander in seiner Darstellung der Embryonalentwicklung verwendete, nicht so offensichtlich herauszulesen, wie in dem Werk seines Mentors Ignaz Döllinger aus dem Jahr 1816, in welchem auch Pander in Würzburg ankam. Der Würzburger Professor war bestrebt, in seinem ‚*Versuch einer Geschichte der menschlichen Zeugung*‘ die Entstehung des menschlichen Lebens anhand naturphilosophischer Motive darzulegen. Der Einfluss Schellings Naturphilosophie ist hier offensichtlich.¹¹⁶¹

Bereits Döllinger hatte in seinen eigenen Werken eine Trennung zwischen deskriptiver, rationaler Methodik und der Interpretation seiner Ergebnisse gezogen. Was entwicklungsgeschichtliche Fragestellungen betraf, so war hier die anatomische Struktur die Grundlage, auf welche sich der Naturforscher berufen konnte. In seinen embryologischen Studien setzte Döllinger systematisch das Mikroskop ein,¹¹⁶² in der Forschung zur Entstehung der Arten wiederum betonte er die Bedeutung vergleichender, anatomischer Studien. Diese rationale Methodik schloss trotzdem, wie bereits gezeigt, einen naturphilosophisch verwurzelten Sinn Döllingers Forschungen nicht aus. So sind bis zum Jahr 1816 in Döllingers Werk stark naturphilosophisch geprägte Motive zu finden.¹¹⁶³ Ziel des Würzburger Professors war es dabei stets, eine ganzheitliche Erklärung der

¹¹⁶⁰ Ebd., 102–104.

¹¹⁶¹ Ebd., 64–68: Vgl. hierzu Döllingers Werk ‚*Versuch einer Geschichte der menschlichen Zeugung*‘, in welchem Döllinger sich stark auf das Polaritätskonzept beruft, welches Schellings Naturphilosophie entlehnt ist.

¹¹⁶² Gerabek 1995, 248.

¹¹⁶³ Schmuck 2010, 64–68.

Entstehung des Lebens, zu finden. Diese sollte sowohl die Ontogenese als auch die Phylogeneese erfassen.¹¹⁶⁴ Den einzigen Weg zu neuen, naturwissenschaftlichen Erkenntnissen sah der Professor aber in exakten, empirisch basierten Forschungen.¹¹⁶⁵

In erster Linie findet sich bei Pander eine rationale Darstellung seiner Ergebnisse. Döllinger hatte die wissenschaftliche, genaue Methodik hier seinem Schüler gelehrt. Dass sich philosophisch motivierte Thesen zur Entstehungsgeschichte des Lebens in seinem embryologischen Erstwerk nicht finden lassen, bedeutet nicht, dass Pander nicht beabsichtigte, diese zu formulieren.¹¹⁶⁶ Vorab setzte er voraus, noch weitere Untersuchungen am Hühnerembryo durchzuführen, um eine solide, empirische Grundlage zu haben. Besonders deutlich wird das Bemühen Panders, neue Thesen basierend auf rationalen Beobachtungen aufzubauen, im Vorwort der Beschreibungen der Kupfertafeln. *„So wie wir alle vergleichende Berücksichtigung der einzelnen Organe, sowohl in Hinsicht ihrer Entwicklungs-Perioden als ihres gegenseitigen Verhältnisse zu einander unterließen, so haben wir uns auch aller Berichtigungen und Schlüsse enthalten, die aus den Resultaten unsrer Untersuchungen herzuleiten gewesen wären, und uns leicht zu mancher neuen Theorie Anlaß geben könnten. Wir verschieben lieber die weitere wissenschaftliche Ausbildung der aus unseren Beobachtungen hervorgehenden*

¹¹⁶⁴ Döllinger 1805, 146: Vgl. hierzu Döllingers Beitrag in seinem Grundriss von 1805, in welchem er erstmalig zwischen Phylogeneese und Ontogenese unterschied: *„Haben sich die Anhänger der Einschachtelungstheorie die Frage, wie organische Körper durch die Zeugung entstehen, entweder gar nicht gedacht, oder durch die Berufung an die erschaffende Allmacht gelöst, so hat auf der anderen Seite die Lehre der allmählichen Bildung (theoria epigeneseos) keine Antwort auf die Frage, welche in der Evolutionstheorie [Präformationstheorie], freylich sehr handgreiflich, gelöst war; denn diese Ansicht [Epigenese] reicht zwar hin, die Entstehung einzelner organischer Körper aus andern zu erklären, ist aber ausser Stande, zu zeigen, warum vermöge der Bildungstrieb durch die Zeugung nur immer die Gattungen erhalten werde.“*

¹¹⁶⁵ Gerabek 1995, 331–334: Bereits Gerabek schilderte den Wandel in Döllingers naturwissenschaftlicher Arbeitsweise, wonach sein Werk von 1814 über das menschliche Gehirn bereits auf einer rationalen Methodik beruhte.

¹¹⁶⁶ Schmuck 2010, 102: Beispielsweise führt Schmuck als Beleg für Panders naturphilosophisches Verständnis von Entwicklung Panders Bemerkungen aus seinem zukünftigen Werk der ‚*Vergleichenden Osteologie*‘ an.

physiologischen Ideen auf eine künftige Zeit, wo wir sie bey günstiger Muse an neue vollständigere Versuche anzuknüpfen gedenken. ¹¹⁶⁷

Hieraus wird erkenntlich, dass er in seinen Untersuchungen noch nicht fortgeschritten genug war, um eine endgültige Aussage über die Bedeutung seiner Beobachtungen treffen zu können. Die wissenschaftliche Grundlage hierfür war die Erforschung des Embryos mit dem Mikroskop: *„Deshalb wurde die treueste Darstellung jeder einzelnen Wahrnehmung unser Hauptbemühen, darum konnten wir, die wir vorläufig auf das eigene Urtheilen verzichtet hatten, nie einem Theile mehr Wichtigkeit zuschreiben, als dem andern, ihn wohl gar auf Kosten anderer durch größere Bestimmtheit in der Zeichnung hervorheben wollen, um uns nicht für die Folge in unsern eignen Netzen zu verstricken.*“¹¹⁶⁸ Eben in der fehlenden Interpretation seiner Ergebnisse sah Pander aber die Unvollständigkeit seiner Arbeit, wie er sowohl zu Beginn¹¹⁶⁹ seiner Arbeit, als auch im Vorwort der Kupfertafeln,¹¹⁷⁰ immer wieder betonte. Die vorläufige, deskriptive Beschreibung genügte seinem ganzheitlichen Streben nach Erkenntnis nicht, wengleich es ihm bereits gelungen war, mit seinen rationalen Forschungen einen bahnbrechenden Beitrag in der Wissenschaft der Embryologie zu leisten. Pander strebte nach einer metaphysisch begründeten *„physiologischen Idee“*¹¹⁷¹, welche erst die Entwicklung des Hühnchens im Ei vollständig werden ließ. Gerade in diesem Streben nach ganzheitlichem Wissen aber findet sich ein naturphilosophischer Einfluss begründet. Bereits in seinem Vorwort trat sein Streben hervor, Entwicklung nicht nur individuell zu erklären, sondern sinnhaft in ein umfassendes Konzept, wie die Vielfältigkeit des Lebens an sich entstand, einzuordnen. Schmuck legte dies so aus, dass Pander mit einer vollständigen Darstellung der Entstehungsprozesse nach umfassenden, philosophisch begründeten Verständnis von Entwicklung strebte und daher seine deskriptive Arbeit als nicht

¹¹⁶⁷ Pander 1817a, 30.

¹¹⁶⁸ Ebd., 29–30.

¹¹⁶⁹ Ebd., 3–4.

¹¹⁷⁰ Ebd., 29–30.

¹¹⁷¹ Ebd., 30.

ausreichend für diesen Anspruch darstellte.¹¹⁷² Gerade dies war ein naturphilosophisches Grundprinzip, nach welchem einzeln gesammelte Fakten zunächst wertlos für die Erkenntnis des Wissenschaftlers waren.¹¹⁷³ Pander beabsichtigte also durchaus, in einem zukünftigen Werk seine „*physiologische Ideen*“¹¹⁷⁴ zu der Embryonalentwicklung des Huhns darzulegen, um dies in ein ganzheitliches Verständnis der Entstehungsgeschichte des Lebens integrieren zu können.

5. Ergebnis von Pander

a. Begründung der Keimblatttheorie

Bei der Darlegung seiner Ergebnisse ging Pander davon aus, dass sich die Strukturen des Embryos aus einer blattförmigen Anlage, dem Blastoderm, heraus entwickelten. Somit stellte der Embryo selbst zu Beginn eine einfache Membran dar.¹¹⁷⁵ Hieraus entstanden im weiteren Verlauf drei Schichten, die Pander ‚*Schleimblatt*‘, ‚*Seröses Blatt*‘ und ‚*Gefäßblatt*‘ nannte.¹¹⁷⁶ Wie sich ein dreidimensionaler Organismus aus einer zweidimensionalen Anlage entwickelte, erklärte Pander durch Umfalten.¹¹⁷⁷ Kann man Pander aufgrund dieser Thesen den Begründer der Keimblatttheorie nennen?

Zunächst bedeutet die Keimblatttheorie aus heutiger Sicht vereinfacht dargestellt, dass sich aus einer bestimmten Schicht von Zellen nur gewisse Teile des Organismus ausbilden.¹¹⁷⁸ Hierbei definiert man das Endoderm, das Mesoderm und das Ektoderm, welche sich durch den Prozess der Gastrulation ausbilden.¹¹⁷⁹ Gastrulation

¹¹⁷² Schmuck 2010, 102–104.

¹¹⁷³ Gerabek 1995, 309–311: Vgl. hierzu Schellings Forderung, philosophische Systeme grundsätzlich auf empirisch gewonnenen Fakten, welche ein umfassendes Konzept ergaben, einzugliedern. Das rationale Ergebnis eines alleinstehenden Experiments war demnach allerdings für die Erkenntnis des Naturforschers wertlos.

¹¹⁷⁴ Pander 1817a, 30.

¹¹⁷⁵ Schmitt 2005, 4.

¹¹⁷⁶ Schmuck 2010, 105–107.

¹¹⁷⁷ Schmitt 2005, 4.

¹¹⁷⁸ Bellairs/Osmond 2014, 16–43: S. hier Für die Hühnchenentwicklung von der Keimscheibe hin bis zur Bildung des Neuralrohrs

¹¹⁷⁹ Ebd., 26–27:

bezeichnet das Wandern von Zellen zwischen die zwei Blätter der Keimscheibe, sodass drei Gewebeschichten entstehen.¹¹⁸⁰

Die obengenannten Schichten bilden in der folgenden Entwicklung bestimmte Organe. So entstehen aus dem Endoderm Teile des Gastrointestinal- und Respirationstrakts. Das Mesoderm gliedert sich insgesamt in drei Teile. Aus dem paraaxialen Mesoderm entstehen die Somiten, aus dem intermediären entwickelt sich der Urogenitaltrakt und das laterale schließlich bildet die extraembryonalen Membranen und das Coelom. Das Ektoderm bildet das zentrale Nervensystem und die Hauthülle des Embryos.¹¹⁸¹ Das Amnion und das Chorion werden durch das somatische Mesoderm und Ektoderm gebildet, die Allantois und der Dottersack hingegen entstehen aus splanchnischem Mesoderm und Endoderm.¹¹⁸² Jeder Schicht ist also ein bestimmter Entwicklungsprozess zugeordnet.¹¹⁸³

In der Sekundärliteratur finden sich verschiedene Meinungen, wie weit Pander die Bedeutung der von ihm beschriebenen, dreiblättrigen Keimscheibe schon verstand. In Schmitts Aufsatz über Panders Leben und Werk wird beispielsweise Panders Arbeit sehr kritisch gesehen, sodass hier lediglich davon gesprochen wird, dass es Pander gelang, ein erstes Modell in die Embryologieforschung einzuführen.¹¹⁸⁴

Bei der Bewertung dieser Tatsache ist allerdings darauf zu achten, dass Pander im Allgemeinen keine eigenständigen Thesen formulierte. Vielmehr sind seine Beschreibungen, wie sich die Keimblätter entwickeln und welche Rolle sie bei der

¹¹⁸⁰ Ebd., 27.

¹¹⁸¹ Schoenwolf 1997, 446–447.

¹¹⁸² Ebd., 448.

¹¹⁸³ Bellairs/Osmond 2014, 26.

¹¹⁸⁴ Schmitt 2005, 4: *“Pander’s descriptions are in general more precise than those of his predecessors and less than von Baer’s. We can mention some mistakes: [...]. He did not understand at all the formation of the neural tube and the role of the different germ-layers in the formation of the intestines and the extra-embryonic membranes. But all this is minor in comparison with the considerable advance caused by the introduction of the germ-layer theory.”*

Organogenese spielen, eingestreut in den Fließtext seiner Beschreibungen zu finden.¹¹⁸⁵ Dies beabsichtigte Pander auch so, da er sich vorerst auf eine rationale, deskriptive Arbeit ohne das Aufstellen von Hypothesen berufen wollte.¹¹⁸⁶ Dies berücksichtigend schloss Schmuck in seinem Werk ‚*Baltische Genesis*‘, dass Panders mit seiner Beschreibung der drei Schichten durchaus ein Modell zur Embryonalentwicklung lieferte, das als grundlegend für die heutige Sichtweise gelten kann.¹¹⁸⁷

Schließlich interpretierte Bäumer-Schleinkofer in ihrer Untersuchung von Panders embryologischen Werk die Aussagen zu den Keimblättern, die er eingestreut in seinen Fließtext brachte,¹¹⁸⁸ so, dass er selbst sehr wohl die Bedeutung der drei Schichten verstanden hatte.¹¹⁸⁹ Die Autorin geht sogar noch weiter, indem sie in Panders Beschreibungen der Unvollständigkeit der einzelnen Schicht erkennt, dass Pander von der Beeinflussung der Schichten in deren Entwicklungsprozess untereinander wusste. Heute ist bekannt, dass die Keimblätter sich durch Signalwege untereinander in ihrer Entwicklung beeinflussen.¹¹⁹⁰

Dies ist eine interessante, wenn auch sehr weitgreifende, Theorie und beim genauen Lesen Panders Arbeit und Methodik stellt sich durchaus die Frage, ob Pander die drei Keimblätter voneinander trennte, um sie isoliert zu untersuchen. Beispielsweise beschrieb er, wie man bei der Trennung der zweiblättrigen Keimscheibe voneinander vorgehen hatte: „*Will man die beiden Schichten [Seroses Blatt und Schleimblatt nach Pander] von einander trennen, so muß man die ganze Haut unversehrt zwölf bis vier*

¹¹⁸⁵ Pander 1817a: Vgl. hierzu die markanten Bemerkungen Panders zu den Keimblättern an den folgenden Stellen: 5-6; 11-12; 14; 22; 24

¹¹⁸⁶ Schmuck 2010, 104.

¹¹⁸⁷ Ebd., 105.

¹¹⁸⁸ Vgl. hierzu den Originaltext bei Pander 1817a, 12: „*Eigentlich beginnt in jeder dieser drei Schichten eine eigene Metamorphose, und jede eilt ihrem Ziele entgegen; allein es ist jede noch nicht selbstständig genug, um allein das darzustellen, wozu sie bestimmt ist, sie bedarf noch der Hülfe ihrer Gefährtinnen, und daher wirken alle drey, obgleich schon zu verschiedenen Zwecken bestimmt, dennoch bis jede eine bestimmte Höhe erreicht hat, gemeinschaftlich zusammen.*“

¹¹⁸⁹ Bäumer-Schleinkofer 1993, 221.

¹¹⁹⁰ Ebd.

und zwanzig Stunden in kaltem Wasser einweichen, [...]“¹¹⁹¹. Weiter beschrieb er die dreiblättrige Keimscheibe, wie folgt: „[...] und die ganze Keimhaut besteht um die vier und zwanzigste Stunde sehr deutlich aus diesen drei, leicht von einander trennbaren, Blättern und Schichten.“¹¹⁹² Hieraus lässt sich zunächst schließen, dass Pander überhaupt erkannte, dass die Schichten voneinander trennbar waren.

Ob Pander sich durch seine Studien tatsächlich die gegenseitigen Beeinflussung der Keimblätter erschlossen hatte, indem er deren isolierte Entwicklung unter dem Mikroskop beobachtete, beantwortet sich in der folgenden Beschreibung des Embryologieforschers: *„Eigentlich beginnt in jeder dieser drei Schichten eine eigene Metamorphose, und jede eilt ihrem Ziele entgegen; allein es ist jede noch nicht selbständig genug, um allein das darzustellen, wozu sie bestimmt ist, sie bedarf noch der Hülfe ihrer Gefährtinnen, und daher wirken alle drey, obgleich schon zu verschiedenen Zwecken bestimmt, dennoch, [...], gemeinschaftlich zusammen.“¹¹⁹³ Hiermit wies Pander eindeutig jeder Schicht eine individuelle Entwicklungsfähigkeit zu, die dennoch gleichzeitig nicht autonom wirken konnte, sondern abhängig von der Gemeinsamkeit der drei Keimblätter war.¹¹⁹⁴ Dass Pander aber hiermit die Beeinflussung der einzelnen Gewebsschichten untereinander auf zellulärer Ebene meinte, ist nicht anzunehmen. Schon allein der Erkenntnisstand der Naturwissenschaften im beginnenden 19. Jahrhunderts erlaubte solche Schlüsse nicht, da das Verständnis eines Gewebes auf Zellebene noch nicht begründet war.¹¹⁹⁵ Somit lässt sich aus dieser Aussage Panders lediglich schließen, dass er erkannt hatte, dass zur vollständigen Ausbildung des Körpers des Embryos alle drei Keimblätter benötigt wurden. Auch im folgenden Auszug aus Panders deutscher Arbeit ist ein Beleg*

¹¹⁹¹ Pander 1817a, 6.

¹¹⁹² Ebd., 14.

¹¹⁹³ Ebd., 12.

¹¹⁹⁴ Vgl. hierzu die These und deren Beleg auch bei Bäumer-Schleinkofer 1993, 221.

¹¹⁹⁵ Schmuck 2010, 114: *„Wie Karl Bogislaus Reichert baute Remak das Keimblatt-Konzept unter Neubewertung und -benennung weiter aus, indem er es auf eine zelltheoretischen Grundlage stellte. 1842 beschrieb Remak, [...], ein Modell von drei Keimblättern [...].“*

für die Annahme, dass Pander sich durchaus der Bedeutung der Keimblätter bewusst war, zu finden: „*Da aber die Keimhaut aus drei Schichten bestand: so geht jetzt jede einzelne, weil sie auch als einzelne anfängt, ihre besondere Thätigkeit und Wirksamkeit zu bezeigen, ihrem bestimmten Ziele alleine entgegen.*“¹¹⁹⁶ In den folgenden Beschreibungen ordnete Pander jeder Schicht das individuell zugehörige Organsystem zu, analog zu der heute vertretenen Keimblatttheorie.¹¹⁹⁷ Damals war ihm natürlich noch nicht genau bekannt, welche Teile der Organsystem exakt welcher Schicht zuzuordnen waren,¹¹⁹⁸ doch insgesamt lieferte er mit dieser Einteilung ein vergleichsweise sehr differenziertes Bild der Embryonalentwicklung des Huhns: „*Und so entwickelt sich aus der äußern serosen Schichte die äußere Wand des Leibes, der Brust, des Bauches, des Beckens und das eigentliche Amnion. Den Kopf bildete sie schon früher, wie wir gesehen haben. Auf gleiche Weise bilden die beiden andern Keimhautblätter die Gedärme mit dem Mesenterium.*“¹¹⁹⁹ Hieraus wird ersichtlich, dass Pander verstanden hatte, welche Teile des Embryos das Ektoderm bildete, nämlich die Kopfscheide und das Gehirn.

Trotzdem fehlen in seinen ‚*Beiträgen*‘ die wichtigen Zuordnungen, welche Organsysteme sich aus dem Endoderm und Mesoderm genau bilden. Die Beschreibung Panders, dass „*die beiden andern Keimhautblätter die Gedärme mit dem Mesenterium*“¹²⁰⁰ bilden, ist derart oberflächlich und lückenhaft, dass er mit dem heutigen, differenzierten Verständnis des Keimhautmodells nicht zu vereinbaren ist. Auch in seiner ‚*Dissertatio*‘ differenzierte Pander nicht, welche Struktur sich genau aus Mesoderm und Endoderm ableitete. Besonders zentral ist seine Anmerkung in seiner ‚*Dissertatio*‘, in welcher er Wolffs Theorie über die Bildung des Darmkanals diskutierte und korrigierte: „*Man kann die ganze Sache nicht klar und präzise verstehen, wenn man nicht die ganze Reihe der Veränderungen, welche sich in jeder einzelnen dieser Schichten der*

¹¹⁹⁶ Pander 1817a, 22.

¹¹⁹⁷ Ebd.

¹¹⁹⁸ Bäumer-Schleinkofer 1993, 221.

¹¹⁹⁹ Pander 1817a, 22.

¹²⁰⁰ Pander 1817a, 22.

Membranen ereignen, vollständig entwirrt. Daher formt sich aus der serosen Schicht [Ektoderm] die Leibeswand des kleinen Körpers und die Bildung des Amnions folgt, und aus dem Schleimblatt und dem Gefäßblatt [Endoderm und Mesoderm], bilden sich der Darm und das Mesenterium. [...]. Wolff behauptete, dass dieser Kanal, oder zumindest der mittlere Teil, welcher die Wurzel des gesamten Darmkanals ist, durch das Zusammenwachsen von zwei vorher getrennten Blättern entsteht, eine Ansicht voll von Fehlern. Was die Membran betrifft, aus welcher der Darmkanal sich bildet, breitet sie sich auf der Oberseite des ganzen Fetus aus [von ventral, also von der mesodermalen Seite gesehen] und indem sie sich von beiden Seiten kommend aufeinander zu bewegen, schließen sie sich zusammen und das Mesenterium ist gebildet.“¹²⁰¹ Insgesamt gelang es Pander, trotz der unpräzisen Zuordnung der jeweiligen Keimblätter, in dieser Passage ein anschauliches Bild zu entwerfen, wie sich die Leibeshöhle mitsamt den Gedärmen grundlegend formte. Gleichzeitig bewies er damit, wie grundlegend er die komplexe Arbeit Wolffs durchdacht und verstanden hatte. Bedenkt man den Konsens, den Embryologieforscher über die Unverständlichkeit von Wolffs Abhandlung über die Bildung des Darmkanals,¹²⁰² so ist dies durchaus eine große, wissenschaftliche Leistung Panders. Folglich war es Pander aufgrund seines eigenen, fundierten Verständnisses der Embryonalentwicklung des Huhns möglich, zu formulieren, worin die Fehler Wolffs lagen. Panders eigene These zur Bildung der Leibeshöhle und des Darmrohrs war verblüffend einfach und kam dennoch äußerst nah an die naturgetreue Entwicklung heran. Durch Abfalten der Keimblätter formten sich aus dem inneren Blatt, dem Endoderm und dem darüber liegenden, dem Mesoderm, das Darmrohr gemeinsam mit seiner Wurzel, dem Mesenterium.¹²⁰³

¹²⁰¹ Pander 1817b, 40–43: Aus dem Lateinischen frei übersetzt.

¹²⁰² Adelman 1966c, 1714: Hier ist herausgearbeitet, dass sowohl Wolffs als auch Panders Darstellung der Darmentwicklung größte Verständnisschwierigkeiten bei Naturforschern dieser Zeit auslösten: „*As with Wolff, it was inevitable that Pander too should not have been understood. [...] Von Baer describes so vividely how difficult it was for him and his contemporaries to understand them [...].*“

¹²⁰³ Pander 1817b, 40–43.

Ein kleiner Fehler unterlief ihm hier dennoch, der seine wissenschaftliche Leistung allerdings nicht schmälert. Es gelang ihm nicht, zu erkennen, dass das Mesenterium allein aus dem Mesoderm gebildet wurde. Viel mehr ging er davon aus, dass das Mesenterium gemeinsam durch Mesoderm und Endoderm gebildet wurde. Bei der eigentlichen Bildung des Darmrohrs sah er aber das Endoderm allein als Ausgangsstruktur an. Aufbauend auf diesen genauen Untersuchungen entdeckte letztendlich erst Karl Ernst von Baer alle wichtigen, ausschlaggebenden Details in der Entwicklung des Darmkanals. Hierbei korrigierte er auch Panders Annahme, indem er das Mesenterium allein aus dem Mesoderm entstehend beschrieb.¹²⁰⁴

Insgesamt betrachtend, gelang es Pander sehr wohl, ein erstes Modell zu beschreiben, welches die Entstehung des Embryos durch das Abfalten von Gewebeschichten erklärte.¹²⁰⁵ Obwohl Pander hier einen wichtigen Schritt weiter gekommen war, die Embryonalentwicklung des Huhns vollständig zu erforschen und zu verstehen, zeigt sein gesamtes embryologisches Erstwerk, die ‚*Beiträge*‘¹²⁰⁶ und die ‚*Dissertatio*‘¹²⁰⁷ zusammengenommen, eine unpräzise Darstellung, welches individuelle Organsystem sich aus der jeweiligen Gewebeschicht bildet. Pander ahnte sicher beim Verfassen seiner ‚*Dissertatio*‘ und ‚*Beiträge*‘ davon, dass sich die verschiedenen Organsysteme des Hühnerembryos aus der ihr zugeordneten Keimmembran formten. Auch die Bildung des Darmkanals aus dem Endoderm und Mesoderm erläuterte in einem Kommentar seiner ‚*Dissertatio*‘, allerdings nicht explizit im Fließtext.¹²⁰⁸ Er führte die Vorstellung, dass die Organsysteme aus Membranblättern entstanden grundlegend ein, führte dieses Modell in seinen Darlegungen seines embryologischen Erstwerks aber nicht ausreichend klar weiter. Beispielsweise findet sich an keiner Stelle seiner deutschen¹²⁰⁹ und

¹²⁰⁴ Adelman 1966c, 1710–1717.

¹²⁰⁵ Schmitt 2005, 4.

¹²⁰⁶ Pander 1817a.

¹²⁰⁷ Pander 1817b.

¹²⁰⁸ Pander 1817b, 41–43.

¹²⁰⁹ Pander 1817a, 11–13.

lateinischen¹²¹⁰ Arbeit ein Verweis darauf, dass das Herz sich aus dem Mesoderm entwickelt und die Herzanlage zwischen die ektodermale Kopfscheide und den endodermalen Vorderdarm einwächst.

Schließlich gelangte Pander nach Abschluss seines Promotionsprojektes zu einem differenzierteren Verständnis. Pander ordnete im Jahr 1818 in einem Antwortbrief auf Lorenz Okens Veröffentlichung in dessen Zeitschrift *ISIS*¹²¹¹ die drei ursprünglich beschriebenen Keimhautblätter neu und genauer dem jeweiligen Organsystem zu: „*Um die Bildung des Herzens und des Darmcanals zu versetehen, muß man sich nur erst deutlich vorstellen, daß die Keimhaut aus drey, für die Entwicklung des Fötus bestimmt verschiedenen Häuten besteht, von denen die unterste, die Membrana pituitosa (Schleimhaut), die Bildung des Darmkanals übernimmt, so wie die Membrana vasculosa (Gefäßhaut) Herz und Gefäße enthält, und die Membrana serosa (Serosa Haut) Hülle des Rückenmarks, Leibesseiten des Fötus und Amnion darstellt.*“¹²¹² Oken hatte vorab im Jahr 1817, nachdem Panders *Dissertatio* erschienen war, völlig zu Recht bemängelt, dass er nicht fähig war, die Herzentwicklung und die Bildung des Vorderdarms nachzuvollziehen.¹²¹³ Erst in diesem Antwortbrief beschrieb Pander, dass sich das Herz aus dem Mesoderm bildete.

Zusammenfassend kann man Christian Heinrich Pander rückblickend durchaus die Begründung der Keimblatttheorie zuschreiben. Dennoch beinhaltet seine erste Theorie einige wissenschaftlich offene Fragen und Mängel in der exakten Darstellung der Organogenese aus dem jeweiligen Keimblatt. Man darf bei der Bewertung des wissenschaftlichen Stellenwerts von Panders embryologischen Erstwerk aber nicht vergessen, dass die Erforschung der Embryonalentwicklung während der 150 Jahre vor Pander ein

¹²¹⁰ Pander 1817b, 36–39.

¹²¹¹ Oken 1818.

¹²¹² Ebd., 515: Hier erläuterte Pander in einer Fußnote die Bildung des Darmkanals, wobei er nebenbei Wolffs Fehler beim Aufstellen seiner eigenen These diskutierte und korrigierte.

¹²¹³ Oken 1817, 1535: „*Verstehen wir nicht, wie den Wolff. Und wenn wir es sehen, so verstehen wir es nicht. Wir möchten doch wissen, ob das jemand versteht. [...] Verstehen keinen Buchstaben.*“

langwieriger und umständlicher Prozess gewesen war. Die einschlägigen Erkenntnisse waren hauptsächlich nur durch einzelne Wissenschaftler, wie Malpighi, Wolff und Haller, erlangt worden, wobei es einer kontinuierlichen Forschung über einen Zeitraum von 150 Jahren hinweg fehlte.¹²¹⁴ Adelman betonte die einmalige Leistung, die Pander mit der grundlegenden Beschreibung der Keimblätter gelungen war, wenn man dies im naturwissenschafts-historischen Kontext betrachtete. „*And yet, although to the modern reader the picture evoked by his description is tantalizingly unresolved, blurred, and out of focus, it must be always remembered, that it was a pioneer effort to analyze the processes leading to the establishment of the heart and he certainly reveals greater insight and made a greater advance along the right road than anyone before him.*“¹²¹⁵ Wenngleich seine Ergebnisse aus heutiger Sicht teilweise den Entwicklungsprozess nicht korrekt erfassen, so gab seine grundsätzliche Idee der blattförmigen Entwicklung des Embryos den Anreiz für weitere Naturforscher, dieser Fragestellung weiter nachzugehen.¹²¹⁶ Das Fundament, auf dem weitere embryologische Forschungen aufbauen konnten, war also gelegt.

Wie wichtig seine Erkenntnisse für die damalige Embryologieforschung waren, zeigte sich später in dem Werk *Entwicklungsgeschichte der Thiere*¹²¹⁷ (1828-1837) seines Studienfreundes Karl Ernst von Baer. Inspiriert von Pander hatte er seine embryologischen Studien fortgesetzt und konnte, aufbauend auf dessen Ergebnissen, eine noch umfassendere und genaue Studie zur Entwicklung des Hühnchens im Ei liefern.¹²¹⁸ So konnte Karl Ernst von Baer die bereits aufgestellte Theorie der

¹²¹⁴ Schmuck 2010, 245.

¹²¹⁵ Adelman 1966b, 1430–1433.

¹²¹⁶ Schmitt 2005, 4: Hauptsächlich beeinflusste Panders Arbeit die späteren Studien am Hühnerembryo seines Studienfreundes Karl Ernst von Baer

¹²¹⁷ Baer 1828.

¹²¹⁸ Bäumer-Schleinkofer 1993, 228–239.

Keimblätter¹²¹⁹ noch weiter ausbauen und das Hauptmerkmal der Wirbeltiere, die Chorda dorsalis, korrekt benennen.¹²²⁰

b. Panders embryologische Arbeit in der Gesamtschau

Zu welchen einschlägigen Erkenntnissen und Neubeschreibungen gelangte Pander? Indem er den Beobachtungszeitraum auf die ersten fünf Tage der Embryonalentwicklung festlegte, war es ihm, als einem der Ersten möglich, die Keimscheibe zu beschreiben. Hieraus entstehend konnte Pander die Entwicklung der Keimblätter beobachten und festhalten.¹²²¹ Doch neben diesen eindeutig wegweisenden, neuen Erkenntnissen gelangte er zu weiteren, genaueren Einblicken in der Analyse der Embryonalentwicklung des Huhns.

Zunächst widmete sich Pander der makroskopischen Beschreibung der Keimscheibe. Bereits durch diese sachliche Beschreibung der anatomischen Strukturen war es ihm möglich, einige Irrtümer seiner Vorgänger auszuräumen. So lüftete er das Mysterium des sogenannten ‚Hahnentritts‘, eine weißliche Struktur, die unterhalb der Dottermembran liegt. Nach Pander bestand der Hahnentritt zum einem aus der Keimhaut, zum anderen aus einem ‚weißen Klümpchen‘¹²²². Schließlich gab er dieser Struktur den Namen ‚Kern des Hahnentritts‘ und folgerte in seinen Untersuchungen, dass der Hahnentritt mit der fortlaufenden Entwicklung verschwand und keine wesentliche Funktion erfüllte. Frühere Embryologieforscher, vor allem Vertreter der Präformation, hatten in diesem weißen Punkt einen Embryo gesehen.¹²²³

Weitere, neue Errungenschaften sind Pander in der Erforschung der frühen Embryonalentwicklung anzurechnen. Er lieferte als der erste Forscher in der Embryologie

¹²¹⁹ Ebd., 230: Eine übersichtliche Tabelle über Panders, Baers und das heutige Keimblattmodell findet sich hier.

¹²²⁰ Ebd., 243.

¹²²¹ Schmuck 2010, 104–105.

¹²²² Pander 1817a, 4.

¹²²³ Schmitt 2005, 3–4.

eine korrekte Beschreibung der Primitivfalten.¹²²⁴ Bis heute werden diese Falten der Keimhaut exakt nach Panders Erstbeschreibung genannt. Allerdings unterschied er noch nicht zwischen Primitivfalten und Neuralfalten. Erst Karl Ernst von Baer erreichte hier ein differenzierteres Verständnis, sodass er den Begriff der Rückenplatten einführte, da er dies als bezeichnender für die spätere Funktion dieser Struktur empfand.¹²²⁵ Auch bei der folgenden Beobachtung der Bildung des Neuralrohrs unterlief Pander eine Fehlinterpretation. Denn die Chorda dorsalis verkannte er als Rückenmark und legte die Anlage der Somiten als Wirbelkörper aus.¹²²⁶ Erst sein Studienfreund Karl Ernst von Baer sollte dies berichtigen und diesem Merkmal der Wirbeltiere den heute gängigen Namen Chorda dorsalis geben.¹²²⁷ Zwar war es eine Pionierleistung Panders, die Primitivfalten und deren Verschluss zu beschreiben, doch dafür untersuchte er deren weiteren Veränderungen nur grob. So blieb seine Beschreibung der Hirnentwicklung sehr rudimentär, da er den Verschluss des Neuralrohrs und die Bildung der Hirnbläschen nur kurz ansprach. Die weitere anatomische Entwicklung, welche die Hirnblasen durchlaufen, bearbeitete er überhaupt nicht.¹²²⁸

Die Gefäßbildung des Embryos beschrieb er anschaulich und erkannte erstmalig den Sinus terminalis als eine offen mündende Begrenzung der Area vasculosa.¹²²⁹ Auch seine weitere Darstellung des Embryonalkreislaufs ist als korrekt zu werten.¹²³⁰ Als Erster versuchte er die Topographie zwischen sackförmigen Herzen, Kopfscheide und Vorderdarm anschaulich zu erklären, wenngleich sein Verständnis hier noch nicht

¹²²⁴ Pander 1817a, 9.

¹²²⁵ Bäumer-Schleinkofer 1993, 230.

¹²²⁶ Schmitt 2005, 4.

¹²²⁷ Bäumer-Schleinkofer 1993, 227.

¹²²⁸ Schmitt 2005, 4.

¹²²⁹ Bäumer-Schleinkofer 1993, 222.

¹²³⁰ Adelman 1966b, 1148: *“His description and illustrations of the general pattern of the vessels in the area vasculosa attain such a level of accuracy as to require only relatively minor corrections to bring them into accord with present-day standards.”*

ausreichend fundiert war, um dies präzise darzustellen.¹²³¹ In seiner Untersuchung der Herzentwicklung lieferte Pander wenig Neues, was die Stadien jenseits der 60. Entwicklungsstunde betrifft.¹²³² Nachdem Pander die ersten Schritte der Bildung des Herzschlauchs erläutert hatte, berief er sich in seinen ‚*Beiträgen*‘ hauptsächlich auf Hallers Arbeit, während er in seiner ‚*Dissertatio*‘ Passagen aus Wolffs Werk fast wörtlich übernahm.¹²³³ Auch was die graphische Darstellung der Herzentwicklung D’Altons betrifft, so versäumte dieser hier zwar keine Details, trotzdem war der komplexe Entwicklungsprozess des Herzens hier chronologisch umständlicher zu verstehen, als es anhand von Malpighis Abbildungen möglich ist. Malpighi ordnete seine Abbildungen systematischer und widmete dazu noch einige mehr Figuren der Darstellung der Herzentwicklung.

Betrachtet man aber die Tafel der Durchschnitte,¹²³⁴ so wird Panders absolut neuartiges Vorgehen deutlich, zu versuchen, alle Organsysteme anhand der Abfaltung der Keimblätter zu erklären.¹²³⁵ Keine vergleichende Graphik hatte jemals zuvor die Verhältnisse zwischen Herzkanal, Vorderdarm und Kopfscheide auch nur annähernd so präzise dargestellt.¹²³⁶ Dies bestätigt die These, dass Panders Bedeutung für die embryologische Forschung in der genauen Aufarbeitung der ersten Entwicklungsschritte liegt.

Ein wichtiger Prozess während der frühen Periode der Embryonalentwicklung ist ebenso die Bildung des Darmkanals. Panders Beschreibung hierzu war erstmalig in

¹²³¹ Ebd., 1430–1433: Diese These bestätigte Adelman in der Analyse der Herzentwicklung bei Pander. Besonders bei der Darstellung des endodermalen Vorderdarms, des mesodermalen Herzens und der ektodermalen Kopfscheide erinnerte Adelman daran, wie neu Panders Erkenntnisse hier waren: „*And yet, although to the modern reader the picture evoked by his descriptions is tantalizingly unresolved, blurred, and out of focus, it must always be remembered that it was a pioneer effort to analyze the processes leading to the establishment of the heart, and he certainly reveals greater insight and made a greater advance along the right road to the truth than anyone before him.*”

¹²³² Ebd., 1433.

¹²³³ Ebd.

¹²³⁴ Pander 1817a, Tafel der Durchschnitte.

¹²³⁵ Schmitt 2005, 4: „*Pander also introduced another important notion: folding, which made it possible to understand how the tree-dimensional organism was formed from two-dimensional layers.*“

¹²³⁶ Adelman 1966b, 1433.

ihrer Präzision. Wenngleich Wolff in seinen Untersuchungen sicher den ausschlaggebenden Impuls geliefert hatte, die Bildung des Gastrointestinaltrakts aus einer blattförmigen Anlage heraus zu erklären, so gelang es doch erst Christian Heinrich Pander, dies akkurat zu beschreiben.¹²³⁷

Neben den verschiedenen Organsystemen erfasste Pander korrekt und genau als einer der ersten Embryologieforscher überhaupt, wie sich das Amnion um den Embryo schloss und wie sich danach von diesem eine weitere Schicht abhob, die das Ei umgab.¹²³⁸ Diese Schicht benannte er ‚*Falsches Amnion*‘.¹²³⁹ Aus heutiger Sicht entspricht die Beschreibung des ‚*Falschen Amnions*‘ allerdings dem Chorion. Pander benannte bei seinen Studien jedoch eine andere Struktur mit dem Namen Chorion, weshalb man hierauf achten muss.¹²⁴⁰ Das Chorion bei Pander ist die heutige Allantois. Die Bildung der Allantois hielt er akkurat fest, jedoch ohne deren wahre Funktion zu verstehen.¹²⁴¹ Denn Pander glaubte generell, dass es in Vögeln überhaupt keine Allantois gäbe.¹²⁴² Wie mittlerweile bekannt ist, haben Vögel durchaus eine Allantois.¹²⁴³

Insgesamt kann man Panders Ergebnisse als Erfolg einer genauen Untersuchungstechnik werten, die grundlegend für weitere, embryologische Forschungen war, wie etwa für seinen Studienfreund Karl Ernst von Baer.¹²⁴⁴ Hierbei gelang es ihm, die einzelnen Entwicklungsprozesse genauer zu beschreiben, als seine Vorreiter auf dem Gebiet der embryologischen Forschung am Hühnerembryo.¹²⁴⁵ Dennoch mangelte es

¹²³⁷ Adelman 1966c, 1702–1703.

¹²³⁸ Bäumer-Schleinkofer 1993, 222.

¹²³⁹ Pander 1817a, 24.

¹²⁴⁰ Bäumer-Schleinkofer 1993, 222.

¹²⁴¹ Ebd.

¹²⁴² Pander 1817a, 25-26: „*Wir können versichern, daß in dem Eye keine Allantois ist; wenn man nicht, was wohl angehen möchte, das Chorion selbst für die Allantois der Säugethiere mit Oken erklären will. Außerdem giebt es keine Allantois im Eye der Vögel, mithin auch keinen zur Cloake führenden Urachus.*“

¹²⁴³ Bellairs/Osmond 2014, 85.

¹²⁴⁴ Schmitt 2005, 4.

¹²⁴⁵ Ebd.

seiner eigenen Arbeit in einigen Bereichen noch an einer detaillierten Darstellung.¹²⁴⁶ So wird die essenzielle Bildung des Neuralrohrs aus den Primitivstreifen komplett übergegangen, sowie die Bildung des Gehirns nur oberflächlich beschrieben wird.¹²⁴⁷ Zwar beschrieb er anschaulich die Bildung des Gefäßsystems, hingegen blieb seine Darstellung der Herzentwicklung rudimentär.¹²⁴⁸ Abschließend gelang ihm keine präzise und übersichtliche Zuordnung, welche embryonale Struktur sich genau aus welcher Keimhaut ableitete.

Diese Mängel sind teilweise in der Methodik Panders begründet. Damals war es ihm noch nicht möglich, einzelne Gewebsformationen zusammenhängend an einem einzigen Embryo isoliert zu untersuchen. So musste er durch viele, zu unterschiedlichen Zeitpunkten gemachte Beobachtungen auf die insgesamt ablaufende Entwicklung schließen. Dass ihm hierbei so detailreiche Strukturen, wie die Bildung des mesodermalen Herzschlauchs zwischen den Blättern der Kopfscheide, nur unzureichend klar wurden, folgte hieraus. Außerdem muss man bedenken, dass dies Panders erste Studien waren und er für das Erreichen seiner Ergebnisse nur 15 Monate Zeit brauchte.¹²⁴⁹ Daher liegt es nahe, dass Pander in seinem Erstwerk aufgrund der zeitlichen und methodischen Voraussetzungen und der mangelnden Erfahrung noch nicht alle Details entdecken konnte, welche Karl Ernst von Baer über zehn Jahre später bei seinen Beschreibungen zur Hühnerembryologie darlegte.¹²⁵⁰

Da Wolff, mit seiner Beschreibung des Darmkanals, und Haller, mit seiner Beschreibung der Herzentwicklung, bereits genaue Beiträge zu späteren Stadien der Organogenese geliefert hatten, fand sich die Bedeutung Panders Ergebnisse umso mehr in seinen Beschreibungen der frühen Entwicklungsschritte. Anhand dieser gelang es ihm,

¹²⁴⁶ Churchill 1991, 4.

¹²⁴⁷ Ebd.

¹²⁴⁸ Ebd.

¹²⁴⁹ Schmuck 2010, 99–101.

¹²⁵⁰ Baer 1828; Baer 1828, 6–22.

eine Möglichkeit zu eröffnen, wonach man die Entwicklung der Leibeshöhlen, Organsysteme und Eihäute aus einer blattförmigen Anlage verstehen konnte. Zudem war dieses Modell Panders auf einer rationalen, empirischen Methodik aufgebaut, mit welcher es möglich war, reproduzierbare Forschungsergebnisse zu erzielen. Ein weiterer Vorteil Panders Arbeit lag darin, dass er in seiner ‚*Dissertatio*‘ von der Brutmaschine, bis hin zur Abtrennung des Blastoderms vom Eigelb, seine Methodik angab.¹²⁵¹ So bereitete er der naturwissenschaftlichen Embryologieforschung mit seiner Arbeitsweise den Weg. Umso deutlicher tritt hier die Bedeutung Panders Werk für einen methodischen Umschwung in der weiteren, embryologischen Forschung hervor.¹²⁵²

Gleichzeitig lieferte Pander mit seiner Begründung der Keimblatttheorie einen maßgeblichen Beitrag zur zentralen Streitfrage der Embryologieforschung. Indem er grundlegend zeigte, wie der Embryo aus einer zweidimensionalen, blattförmigen Anlage entstand,¹²⁵³ berief er sich klar auf ein epigenetisches Verständnis der Embryonalentwicklung. Daher findet sich, neben seiner genauen, wissenschaftlichen Aufarbeitung der frühen Entwicklungsstadien, sein Verdienst in der Embryologieforschung im Sinne der Befürworter der Epigenese.¹²⁵⁴

¹²⁵¹ Pander 1817b, 8–15.

¹²⁵² Schmuck 2010, 87–88.

¹²⁵³ Schmitt 2005, 4.

¹²⁵⁴ Ebd.

IV. Einordnung Panders These zur Bildung des Hühnerembryos in Bezug auf die allgemein anerkannten naturwissenschaftlichen Hypothesen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts

1. Bewertung Panders Ergebnisse durch die naturwissenschaftliche Öffentlichkeit

Christian Heinrich Pander lieferte nach dem Werk Caspar Friedrich Wolffs, welches bis 1812 weitgehend unbekannt geblieben war,¹²⁵⁵ eine umfassende und wissenschaftlich ernst zu nehmende Abhandlung zur Embryonalentwicklung des Huhns. Daher zog seine Arbeit bei interessierten Naturforschern des 19. Jahrhunderts seine Aufmerksamkeit auf sich. Hierunter sind zuerst Oken,¹²⁵⁶ Karl Ernst von Baer¹²⁵⁷ und Döllinger¹²⁵⁸ zu nennen, die Panders Arbeit wissenschaftlich weiterverwendeten. Ferner interessierte sich auch der Botaniker Christian Gottfried Nees von Esenbeck für Panders Arbeit, welche er mitsamt der Tafeln D'Altons an Johann Wolfgang von Goethe schickte.¹²⁵⁹

Panders neu begründetes Konzept, dass sich der gesamte Embryo aus drei Keimblättern bildete, indem jene sich abfalteten und ausdehnten, war in dieser Ausführlichkeit so neuartig, dass es damaligen Naturwissenschaftlern schwerfallen musste, dies

¹²⁵⁵ Bäumer-Schleinkofer 1993, 196.

¹²⁵⁶ Oken 1817.

¹²⁵⁷ Baer 1828, VI.: „Als ich aber im Jahr 1818 Deine Dissertation erhielt, ward der Wunsch in mir rege, daß auch der ungenannte Freund der ersten Zeile sein Scherflein zur Entwicklungsgeschichte beitragen möge. [...] Sie [die Beiträge] gaben mir Licht, aber das Faltensystem wollte mir durchaus nicht zusagen [...]. So ging ich 1819 an die erste eigene Beobachtung, die nur auf Verständnis Deiner Untersuchungen gerichtet seyn konnte.“

¹²⁵⁸ Döllinger 1818a, 1–14. Ferner wurde Panders Werk von seinem Mentor Ignaz Döllinger wissenschaftlich verwendet, indem er die ersten 30 Figuren von Malpighis zweitem Werk ‚*De ovo incubato*‘ nach aktuellem Erkenntnisstand analysierte, wobei er sich auf Panders Ergebnisse berief

¹²⁵⁹ Kanz 2003, 58–61: Zu Panders Dissertation sind thematisch hier vor allem die Briefe 12 bis 15 zu nennen. Christian Gottfried Daniel Nees von Esenbeck stellte sein Gut in Sickershausen Pander für dessen erbbiologischen Forschungen zur Verfügung. Hierdurch konnte Nees unmittelbar an den Untersuchungen und Erkenntnissen Panders teilhaben. Da Goethe sich ebenso für entwicklungsgeschichtliche Forschungen interessierte und Nees mit diesem befreundet war, sandte Nees dessen Werk an den deutschen Dichter.

vollständig nachzuvollziehen.¹²⁶⁰ Dies wird noch durch die Tatsache erhärtet, dass die frühen Stadien der Embryonalentwicklung schon alleingegenommen für sich anhand bloßer, deskriptiver Erläuterungen so gut wie nicht nachvollziehbar sind. Hierzu bedarf es zumindest ergänzender Abbildungen, die gerade die abstrakten Schritte der Abfaltung der Keimblätter wiedergeben, sodass man sich dies bildlich vorstellen kann.

In modernen Lehrbüchern der Embryologie mag dies gewährleistet sein, doch Pander stellte in seinen ‚*Beiträgen*‘ die komplexen Vorgänge, in welchen sich die Leibeshöhlen und Hüllen des Embryos bilden,¹²⁶¹ lediglich auf seiner ‚*Tafel der Durchschnitte*‘ dar.¹²⁶² Wie bereits gezeigt, war seine Beschreibung nicht völlig korrekt und unpräzise. Für den heutigen Betrachter, der sich mit Embryologie auskennt, mögen auch die Schichtverhältnisse hieraus ersichtlich sein, doch Panders Leser, für welche das dreiblättrige Keimhautmodell völlig neu war, verfügten sicherlich noch nicht über dieses fundierte Wissen, was ihnen eine derart differenzierte Betrachtung ermöglichte. Leider ist auch der Stil Panders sowohl in seinen ‚*Beiträgen*‘, als auch in seiner ‚*Dissertation*‘, schwierig zu verstehen. Dies liegt hauptsächlich daran, dass er gerade die essenziellen, fundamentalen Schritte, nämlich aus welcher Keimhaut genau sich die betreffende Struktur erhebt, unklar und unstrukturiert beschrieb.¹²⁶³

¹²⁶⁰ Adelman 1966c, 1714: „As with Wolff, it was inevitable that Pander too should not have been understood. [...] Von Baer describes so vividly how difficult it was for him and his contemporaries to understand them [...].“

¹²⁶¹ Pander 1817a, 40–42.

¹²⁶² Ebd., Tafel der Durchschnitte.

¹²⁶³ Ebd., 12: Ohne jegliche Einleitung oder Erläuterung, von was er hier schrieb, begann Pander damit, die Bildung der Kopfscheide und den Beginn der Bildung des Amnions zu schildern. Dies aus seiner Beschreibung herauszulesen ist nur durch eine genaue Analyse und durch den Vergleich mit modernen Lehrbuchinhalten möglich. Um zu verdeutlichen, wie schwer nachvollziehbar seine Darstellungen teilweise sind, soll dies hier wiedergegeben werden: „Wenn sich das Kopf-Ende mit den Primitivfalten nach unten, die Querfalte bildend, umschlägt, zieht es nicht allein die zwischen den Falten gelegene Haut mit sich, sondern auch die nächst anstoßende über ihnen, nach sich [es ist für den uninformierten Leser völlig unklar, von welchen Häuten oder Falten er hier genau spricht]. Hierbleiben nun die Falten stehen; allein die Haut geht von ihrem Rande noch weiter gegen den Schwanz hinunter, und, wenn sie ohngefähr ein bis zwei Linien hinuntergestiegen ist, schlägt sie sich wieder über sich selbst zurück, und verläuft in einer Ebene über den Kopf des Embryo hinaus.“

Die wesentlich übersichtlichere Sortierung seiner Ergebnisse nach den morphologischen Veränderungen der Keimblätter und der Organsysteme gelang ihm nicht ausreichend genau. Er schien durchaus ein differenziertes Verständnis erlangt zu haben, welche Schicht welche Struktur bildete, wie einige seiner Anmerkungen durchaus bewiesen.¹²⁶⁴ Letztendlich findet sich der wichtigste Beitrag Panders, welcher Einblicke in sein differenziertes Verständnis der Keimblatttheorie erlaubt, in seinem Brief an Lorenz Oken.¹²⁶⁵ Dennoch gelang es ihm insgesamt nicht, diese unterschiedlichen Keimblattverhältnisse in Bezug auf die Organogenese präzise genug zu formulieren. Daher ist es rückblickend nachvollziehbar, dass Panders Werk für die Erstbeschreibung des Keimblattmodells zwar Anerkennung fand, allerdings auf großes Unverständnis stieß, was die weitere Ausbildung des Embryos aus dieser blattförmigen Anlage betraf.¹²⁶⁶

**a. Oken und die Veröffentlichung Panders ‚Dissertatio‘
in der Zeitschrift ‚ISIS‘**

Oken setzte sich in insgesamt zwei wissenschaftlichen Veröffentlichungen in seiner Zeitschrift ‚ISIS‘ mit Panders neuen Thesen zur Hühnerembryologie auseinander. Zuerst kritisierte er Panders ‚Dissertatio‘.¹²⁶⁷ Daraufhin antwortete Pander ihm in einem ausführlichen Brief, in welchem er Okens genannte Kritikpunkte erläuterte. Eben diesen Brief veröffentlichte Oken erneut in seiner Zeitschrift und besprach ebenso kritisch Panders neue Erläuterungen.¹²⁶⁸ Oken hatte sich bereits vor Pander mit embryologischen Forschungen befasst,¹²⁶⁹ sodass man annehmen könnte, dass er einen leichten Zugang

¹²⁶⁴ Pander 1817b, 40–43: S. beispielsweise hier für die Beschreibung des Darmkanals und einem Überblick darüber, welches Keimblatt nun welchen Anteil des embryonalen Körpers bildet.

¹²⁶⁵ Oken 1818, 515–516.

¹²⁶⁶ Adelman 1966c, 1703.

¹²⁶⁷ Oken 1817.

¹²⁶⁸ Oken 1818.

¹²⁶⁹ Gerabek 2001, 58.

zu Panders Arbeit hatte. Dem war nicht so, wie Oken in der Diskussion von Panders ‚*Dissertatio*‘ in seiner Zeitschrift ‚*ISIS*‘ bezeugte.¹²⁷⁰

Oken baute seine Besprechung Panders Ergebnisse auf dessen lateinischen Text auf, wobei ihm hierzu allerdings bereits die elf Kupfertafeln D’Altons, also auch die Tafel der Durchschnitte, vorlagen.¹²⁷¹ Hierbei setzte sich Oken äußerst kritisch mit Panders Formulierungen auseinander, wobei er zum Teil dessen Leistungen lobte, zum weitaus erheblicheren Anteil aber Panders Ergebnisse schwerwiegend in Frage stellte. So schloss Oken seine Rezension: „*Am Ende aller Enden müssen wir endlich mit unserem Nichtverstehen herausschreien. Wir verstehen nemlich die Entwicklung der Därme sehr wohl; wir verstehen aber nicht Wolffs Entwicklung und auch nicht die uns.[eren] jetzigen Beobachter.*“¹²⁷² Um zu zeigen, wie schwer verständlich Panders Modell des Umfaltens der Keimhaut zu Leibeshöhlen und Organanlagen des Embryos war, soll sich zuvorderst auf die Analyse der Passagen beschränkt werden, die eben dies thematisierten.

Zunächst erkannte Oken die Neubeschreibung der Keimhaut, oder des Blastoderms, durch Pander uneingeschränkt an. Er betonte, dass diese Entdeckung durchaus einen großen Schritt für die Wissenschaft der Embryologie bedeutete. Bereits hier hatte er allerdings Probleme, Panders Ausführungen vollständig zu folgen. So stellte er den Nucleus in Frage, hakte nach, wie genau denn die Keimhaut entstehe und fragte, was zwischen Keimhaut und Dotter lag.¹²⁷³

Überhaupt hatte Lorenz Oken gravierende Schwierigkeiten, den Ursprung der Keimblätter und deren Beziehung zur Dotterhaut zu verstehen. So konnte er nicht

¹²⁷⁰ Oken 1817, 1539.

¹²⁷¹ Ebd., 1529: „*Auch ist das Ergebnis [Panders Arbeit] durchaus neu, neu neu gesehen, neu gedacht, neu gezeichnet, neu gestochen. Wir besitzen schon die Kupfer (von d’Alton, dem berühmten Pferdezeichner), welche zu der deutschen Ausgabe kommen werden, [...].*“

¹²⁷² Ebd., 1539.

¹²⁷³ Ebd., 1531–1533.

nachvollziehen, dass die Keimhaut tatsächlich nur auf der Dotterhaut auflag und der Dotterhaut in der weiteren Embryonalentwicklung keine weitere Funktion zukam: „So können die Sachen alle nicht sein. Der Leib entsteht aus Blasen, und nimmermehr aus Blättern. Es scheint uns, als wenn man ganz vergäße, daß der Dotter und die Dotterhaut (die eine Blase ist) wesentlich zum Leibe des Keims gehören, daß der Embryo nicht darauf schwimmt, wie der Fisch im Wasser, oder darauf liegt, wie ein Trichter auf dem Faß.“¹²⁷⁴ Aber es ist eben genauso, dass die Keimhaut bloß der Dotterhaut aufliegt und zu Beginn leicht von jener trennbar ist. Indem Oken schon diese grundlegende Beschreibung der Embryonalentwicklung aus der Keimscheibe nicht richtig nachvollziehen konnte, folgten hieraus erhebliche Verständnisprobleme.

So war es Oken nicht möglich, wie sich aus einer flachen, zweidimensionalen Gewebeschicht ein dreidimensionaler Organismus bilden konnte. Zwar besaß Oken bereits die elf Bildtafeln D’Altons, auf denen die Primitivfalten deutlich zu erkennen sind, sodass hieraus die scheibenförmige Anlage des Embryos gut ersichtlich wird.¹²⁷⁵ Doch schien dies nicht zu genügen, um Oken eine korrekte Vorstellung zu ermöglichen, wie sich die Keimhaut zum Körper des Embryos faltete. Durch das vollständige Abfalten der Keimhaut entstehen zwei Höhlen, das Neuralrohr und die umgebende, äußere, ektodermale Leibeswand. Spätestens bei der Darlegung dieses Prozesses wird klar, dass es anhand Panders Text mitsamt der ‚Tafel der Durchschnitte‘ nicht möglich war, diesen Prozess zu verstehen. Sehr anschaulich legte Oken dies dar, wobei er sich auf Panders Beschreibungen der 36. Stunde berief,¹²⁷⁶ in welcher der Autor die Bildung der Primitivfalten und die Erstbenennung des Rückenmarks anführte: „Dieser Paragraph ist das Punctum saliens des ganzen Buches und eine Entdeckung, die den Namen bewahrt. Man kann natürlich darüber nichts sagen, denn sehen und nicht gesehen ist ein Unterschied. Wir müssen daher wünschen, daß hievon nicht Zeichnungen allein nach der

¹²⁷⁴ Ebd., 1537.

¹²⁷⁵ Pander 1817a, Tafel I-III.

¹²⁷⁶ Pander 1817b, 37.

Natur (denn die lehren nichts), sondern ideale gemacht werden. [...] Die Abbild., welche wir haben (es fehlen uns nemlich die idealen) eröffnen uns das Verständiß nicht. Wenn es die Beob. Im Stande sind, die Entstehung der Haupttheile des Leibes aus dieser Längsfaltung (das ist sie doch) zu erklären und zu zeichnen, so daß die Linien zusammenhängen, so haben sie gesiegt, und die Isis soll die Zeichnung ihnen zu Ehren auf eine Denkmünze graben lassen. Einiges hießen wird manchen nicht einleuchten: z.B. daß die Falten (welche Leibesseiten die Jungen werden) gegen die Schale hin sich erheben; also nicht in die Dottermasse, sondern gegen die Dotterhaut. Wie geschieht es nun, daß der Embryo nicht unter die Gefäßhaut, also in den Dotter hinein geräth? “¹²⁷⁷

Da Oken diesen grundlegenden ersten Schritt der Bildung des Embryos, in welchem sich die Körperachsen, mitsamt der Körperhöhlen formten,¹²⁷⁸ nicht verstand, folgte hieraus, dass er die folgenden Schritte der Organogenese aus den Keimblättern ebenso nicht nachvollziehen konnte. Große Probleme bereitete ihm hierbei die Kopf- und Halsregion, wo die ektodermale Kopfscheide, der mesodermale Herzschnlauch und der endodermale Vorderdarm zu liegen kommen.¹²⁷⁹ Wie bereits dargestellt, sind die anatomischen Verhältnisse hier komplex und bedürfen genauester Untersuchungen, um differenziert dargestellt zu werden. Pander war es hier noch nicht gelungen, dies differenziert darzustellen, weder in seinem Fließtext noch in der Beschriftung seiner ‚*Tafel der Durchschnitte*‘. Dies hatte zur Folge, dass Oken eine Reihe fatalster Fehlinterpretationen anstellte: „*Mit der Verlängerung der Falten geht es nun so fort, und es wird*

¹²⁷⁷ Oken 1817, 1533.

¹²⁷⁸ Schoenwolf 1997, 448: Hier findet sich eine sehr gute und kurze Beschreibung, wie wichtig eben dieser Prozess des lateralen Abfaltens für die Embryonalentwicklung des Huhns ist: „*During body folding, regions of the area pellucida begin to fold and to separate off from the other areas of the area pellucida that will give rise to extraembryonic membranes. Body folding thus serves to give the embryo a three-dimensional shape – characteristically, a tube-within-a-tube body plan – and to separate the embryonic body from its extraembryonic (supporting) membranes.*”

¹²⁷⁹ Ebd.: Durch den Prozess des Abfaltens bilden sich letztendlich auch der Herzschnlauch und der Darmkanal.

endlich auch der vordere Leib geschlossen, der vorher wie ein Graben offen gewesen. – Das Herz entsteht, nach 6 Stunden wird das Blut roth. Wie entsteht das Herz? ¹²⁸⁰

Um diese Frage zu klären, zitierte Oken die Beschreibungen Panders, welche er unter der 42. Entwicklungsstunde anbrachte. Pander erläuterte hier, wie die ektodermale Kopfscheide umschlägt und nach unten zieht, sowie er die erste Herzanlage erwähnte.¹²⁸¹ Genau diese vielschichtige, komplizierte topographische Region berietete Oken die größten Probleme, Panders Darlegungen hierzu zu folgen: *„Verstehen wir nicht. Wie den Wolff. Und wenn wir es sehen, so verstehen wir es nicht. Wir möchten doch wissen, ob das jemand versteht. [...] Verstehen keinen Buchstaben. Ist zwar wie den Wolff, aber eben deshalb verstehen wir nichts. Wenn die Speiseröhre, so zu sagen, unten abgeschnitten ist und wie eine Trompete mit offenem, freyem, loßem Loch vorsteht, so lassen wir uns schier die Ohrläppchen spalten.“*¹²⁸² Indem Oken die Speiseröhre als offen mündenden Sack interpretierte, zeigen sich eindeutig die Ungenauigkeiten in der Beschreibung Panders. Auch ist davon auszugehen, dass die zugehörige ‚Tafel der Durchschnitte‘ nicht ausreichte, um zu zeigen, wie der Vorderdarm in der Leibeshöhle zu liegen kommt.

Hier fehlte es Panders Text eindeutig an einer ausführlicheren Beschreibung der Lageverhältnisse. Er hätte hier erläutern müssen, woher die Herzanlage überhaupt stammt, wie sie im Verhältnis zu Kopfscheide und Ösophagus zu liegen kommt. Auch die Anlage des Ösophagus beschrieb er nicht, sodass Oken diesen Eindruck einer losen ‚Trompete‘¹²⁸³ bekam, die einfach so in der Körperhöhle des Embryos lag. Was genau an Panders Darstellung so unverständlich war und worin diese unverständliche Darstellung beruhte, soll noch gesondert analysiert werden.

¹²⁸⁰ Oken 1817, 1534.

¹²⁸¹ Pander 1817b, 38–39.

¹²⁸² Oken 1817, 1535.

¹²⁸³ Ebd.

i. Panders Antwort

Von Sickershausen aus verfasste Pander einen Antwortbrief an Oken, der ebenso in der ‚*ISIS*‘ aus dem Jahr 1818 abgedruckt wurde.¹²⁸⁴ Hierin ging Pander einzeln auf jede Frage Okens ein und es gelang ihm, diese zufriedenstellend zu beantworten. Der Brief ist rückblickend vor allem interessant, da er es erlaubt, Schlüsse zu ziehen, wie genau Pander nun die Bedeutung der Keimblätter verstanden hatte. Da in seinem Gesamtwerk keine genaue Darstellung der Keimblattverhältnisse erfolgte und die erste ‚*Tafel der Durchschnitte*‘ zu unpräzise beschriftet war,¹²⁸⁵ wirft sich die Frage auf, ob Pander selbst hier anfangs Verständnisprobleme hatte.¹²⁸⁶ Indem Pander aber Lorenz Oken erneut das Keimblattmodell erklärte, bewies er, dass er zwischenzeitlich doch zu präziseren Einblicken gelangte, als sich beim Lesen seiner beiden Promotionsarbeiten zunächst annehmen lässt. Daher sollen Panders Erläuterungen folgend betrachtet werden.

Wie bereits dargestellt, gelang es Oken nicht, Panders Arbeit in ihrer fundamentalsten, neuartigen These anzunehmen. Der Naturforscher bestritt nämlich die Darstellung Panders, dass der Körper des Embryos sich aus einer blattförmigen Anlage entwickelte.¹²⁸⁷ Pander versuchte diese Irrtümer an mehreren Stellen auszuräumen. Es gelang Pander nicht, Oken zu überzeugen, obgleich er sich um eine übersichtliche und exakte Darstellung der Keimblätter bemüht hatte.

Zuerst erläuterte Pander, wie sich die Dotterhaut und die Keimscheibe topographisch zueinander verhielten. Hierbei stellte er heraus, dass die Keimscheibe tatsächlich auf dem Dotter lag und sich nicht mitsamt der Dotterhaut um die Dotterkugel schloss:

¹²⁸⁴ Oken 1818, 511–524.

¹²⁸⁵ Pander 1817a, 40–42.

¹²⁸⁶ Adelman 1966b, 1431: Beispielsweise bewertete Adelman Auszüge aus Panders Beiträgen, zusammengefasst mit der beschrifteten Tafel der Durchschnitte wie folgt: „*Pander shows clearly that he was unaware of the true relations of the germ layers in this region [Kopfscheide, Vorderdarm, Herzschnlauch].*“

¹²⁸⁷ Oken 1817, 1537: „*So können die Sachen alle nicht sein. Der Leib entsteht aus Blasen, und nimmermehr aus Blättern.*“

„Erkundigen Sie [Oken] sich nach der anatomischen Genesis der Keimhaut; Sie fragen, wie hängt sie mit der Dotterhaut zusammen?, halten es für widernatürlich, daß sie nur auf dem Dotter aufliegen soll, und beharren zuletzt bey der Ansicht, daß sie eine Einsackung der Dotterhaut sey. Es ist aber diese Keimhaut ein ganz besonderer Theil, welcher sich schon beym unbebrüteten Ey vorfindet, auf dem Nucleus aufliegt, sich durch seine Undurchsichtigkeit und lockern Zusammenhang durchaus von der Dotterhaut unterscheidet, beym Abziehen der Dotterhaut vom Dotter, auf letzterem liegen bleibt, an Größe beym Brüten stündlich zunimmt, in Zukunft aus 3 Schichten, der serösen und Gefäß - und Schleimhautschichte besteht, und zuletzt nach verschwundener Dotterhaut das Eigelb einschließt.“¹²⁸⁸ Nachdem Pander versucht hatte, den Ursprung der Keimhaut verständlich zu machen, fuhr er damit fort, Oken zu erläutern, wie sich aus dieser zweidimensionalen Scheibe ein dreidimensionaler Körper bildete.

Dabei hatte Pander ein weiteres, neues Konzept in die Beschreibung der Embryonalentwicklung des Huhns eingeführt. Indem sich die Keimhaut zu den Körperhöhlen faltete, konnte Pander erklären, wie sich aus der flachen, zweidimensionalen Keimscheibe der dreidimensionale Körper des Embryos formte.¹²⁸⁹ Er legte klar dar, wie sich das Ektoderm durch Abfalten zum Neuralrohr schloss und wie das Mesoderm und Entoderm in der so gebildeten, ektodermalen Leibeshülle zu liegen kamen: „*Es ist also nun deutlich und klar zu erweisen nöthig, daß 1) Die seröse Schicht a) die Primitivfalten m, n bildet; b) die Leibesseiten des Fötus, welche bey dem vorliegenden Embryo noch sehr klein seyn müssen, da er vorn noch ganz offen ist und daher bey ihm der Nabelring noch so weit ist, als l und k voneinander entfernt sind; und c) das Amnion aus ihr entsteht, welches bey Fig. 4 als Fortsetzung der Leibesseiten des Fötus schon bis h und i*

¹²⁸⁸ Pander 1818, 514.

¹²⁸⁹ Schmitt 2005, 4.

gehet, von wo aus es sich in Zukunft über den Rücken schlägt und durch allmähliges Aneinanderrücken schließt. [...].¹²⁹⁰

Analog zu diesem Modell des Abfaltens erläuterte er, wie sich aus der Gefäßhaut, dem Mesoderm, das Herz und die Gefäße bildeten und sich diese Schicht auch an der Bildung des Chorions und der Allantois beteiligte: „Daß 2) Die Gefäßschicht dd, welche sowohl am Kopf n als am Schwanzende m die Umschläge der serösen Schicht begleitet, durch neues Umschlagen bildet a) oben bey f das Herz, b) die großen Arterien des Thieres (als Fortsetzungen des Herzens), c) wahrscheinlich (welches aber noch nicht nachgewiesen ist) bey g die Chorions - oder Allantoisblase. [...].¹²⁹¹ Das Endoderm schließlich, die Schleimschicht, bildete durch Abfaltung den gesamten Gastrointestinaltrakt: „Daß 3) Die Schleimhaut cc ebenfalls die Umschläge mit bildet. a) nach oben bey k den Oesophagus, b nach unten bey g das int. rectum, und c) zwischen g und f Wolffs intest. medium. Hieraus werden Sie die Uebereinstimmung Ihrer Meinung Seite 1539 mit unserer Darstellung ersehen, und daß wir nicht im geringsten von einem abgeschnittenen Rohr gesprochen haben.“ Analog zum heutigen Erklärungsmodell versuchte Pander anhand des „tube-within-a-tube body plan“¹²⁹² Oken verständlich zu machen, wie er sich die Bildung des embryonalen Körpers durch den Mechanismus des Abfaltens vorzustellen hatte.

Nach dieser ersten, übersichtlichen Darstellung begann Pander damit, die die Entstehung der Organe aus den Keimblättern genauer zu beschreiben. Was die Bildung der Primitivfalten und die laterale Abfaltung des Embryos betraf, so blieb Pander hier knapp gefasst, dennoch war seine Erläuterung ausreichend: „Zuerst erwähnen wir nur, daß diese ersten Falten die plicae primariae, nicht die Leibesseiten des Jungen sind, sondern nur das Rückenmark, welches als ein Faden aneinandergereihter Kügelchen in

¹²⁹⁰ Pander 1818, 521–522.

¹²⁹¹ Ebd., 522.

¹²⁹² Schoenwolf 1997, 448.

der serösen Schichte der Keimhaut erscheint, einschließen und umhüllen. Die Falten welche die Leibesselten des Fötus bilden, entstehen erst später.“¹²⁹³ Er hatte bei der Beobachtung des Ektoderms folglich klar zwischen der Bildung des Neuralrohrs und zwischen der Bildung der äußersten Körperhülle des Embryos unterscheiden können.

Die topographische Region, an welcher die Kopfscheide umschlägt, sodass der mesodermale Herzschlauch mitsamt der Anlage des Vorderdarms dazwischen zu liegen kommt, ist auch mit dem heutigen Wissensstand anatomisch exakt schwer nachzuvollziehen. Weiter besprach Pander diese Region, die ihm selbst vorab in seinen beiden Werken, sowohl in der Untersuchung als auch in der differenzierten Darstellung für seine Leser, die größten Schwierigkeiten bereitet hatte. Erstmals stellte Pander heraus, dass es bei der anatomischen Beschreibung dieser Region einige Schwierigkeiten zu bedenken gab. „7. *Wie entsteht das Herz?* 8. *Wie entsteht die Speiseröhre usw.?* So schwierig die genaue Beschreibung der Entstehung dieser Theile ist, um so viel Nachsicht und Geduld müssen wir Sie bey der Auseinandersetzung der Bildung dieser Theile bitten, da wir aus ihrer Ansicht, nach welcher wir die Speiseröhre so zu sagen, als unten abgeschnitten und wie eine Trompete mit offenem, freyem, losem Loch vorstehend, beschrieben haben sollen, ersehen, daß der Fehler wahrscheinlich in dem Mangel einer richtigen Darstellung liegt, [...]“¹²⁹⁴ Pander räumte hier also ein, dass sein eigener Text seines embryologischen Erstwerks unverständlich war.

Einfach und knapp beschrieb er die Region der Kopfscheide neu: „Um die Bildung des Herzens und des Darmcanals zu verstehen, muß man sich nur erst deutlich vorstellen, daß die Keimhaut aus drey für die Entwicklung des Fötus bestimmt verschiedenen Häuten besteht, von denen die unterste, die *Membrana pituitosa* (Schleimhaut), die Bildung des Darmkanals übernimmt, so wie die *Membrana vasculosa* (Gefäßhaut) Herz und Gefäße enthält, und die *Membrana serosa* (serose Haut) Hülle des

¹²⁹³ Pander 1818, 515–516.

¹²⁹⁴ Ebd., 515.

Rückenmarkes, Leibeseiten des Fötus und Amnion darstellt. Deutlicher erhellet dieses aus den hiebeyfolgenden ideellen Zeichnungen und deren Beschreibung.“¹²⁹⁵ Dies ist das erste Mal, dass Pander die verschiedenen Strukturen des Embryos derart klar den drei Häuten zuordnete.

Aufgrund dieser Beschreibung ist davon auszugehen, dass es Pander abschließend möglich war, die Bildung der primitiven Organanlagen aus den Keimblättern zu beobachten. In den Grundzügen gelangte er zu der korrekten Einsicht, dass das Ektoderm die Primitivfalten und die Haut des Embryos bildete. Zuerst hatte Pander fälschlicherweise beschrieben, dass der Herzschlauch aus den „*Falten, welche auf der innern Seite des untern Blattes der Kopfscheide*“¹²⁹⁶, folglich aus dem Ektoderm, entstand. Erstmals formulierte er in seinem Antwortbrief an Oken klar, im Vergleich zu seinen ‚*Beiträgen*‘ und zu seiner ‚*Disseratio*‘, woraus Herz und Gefäße entstanden.

Somit gelang ihm in seinem Antwortbrief an Oken die Zuordnung aller drei Keimblätter grundlegend korrekt.¹²⁹⁷ Pander hatte folglich bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts die Fundamente der Embryonalentwicklung des Huhns verstanden. Der erste Schritt war hierbei, überhaupt zu erkennen, dass der Embryo aus einer Gewebsschicht aus verschiedenen Lamellen entstand.¹²⁹⁸ Der nächste, wesentliche Schritt war es, zu beschreiben, wie aus diesen Blättern die Organe entstanden. Die Abfaltung der drei Keimhäute gehört zu den grundlegenden Schritten der Embryonalentwicklung, woraufhin erst die differenzierteren Prozesse der Organogenese beginnen.¹²⁹⁹

Doch nicht nur in seinen Beschreibungen korrigierte er sich selbst, er ging sogar auf Okens Forderung ein, neue Zeichnungen zu liefern, die die Schichtverhältnisse des

¹²⁹⁵ Ebd.

¹²⁹⁶ Pander 1817a, 41.

¹²⁹⁷ Bäumer-Schleinkofer 1993, 230: S. hier für einen kurzen Vergleich zwischen Panders, Baers und der heutigen Keimblattheorie.

¹²⁹⁸ Schmuck 2010, 104–105: Pander war es als erstem Embryologieforscher möglich, diese These neu aufzustellen.

¹²⁹⁹ Schoenwolf 1997, 448.

Embryos schematisierter und übersichtlicher darstellten. Nun, da Pander eine präzisere Beschreibung dieser Prozesse und Strukturen geliefert hatte, ist es eine interessante Frage, ob sich auch die Qualität der *„Ideellen Zeichnungen“*¹³⁰⁰, welche D’Alton eigens für Oken anfertigte, im Vergleich zur ursprünglichen *„Tafel der Durchschnitte“*¹³⁰¹, verbesserte.

ii. Vergleich der ursprünglichen *„Tafel der Durchschnitte“* mit der *„Tafel der Ideellen Zeichnungen“*

Betrachtet man die erste *„Tafel der Durchschnitte“*, welche Pander seinen *„Beiträgen“* anfügte,¹³⁰² so ist eher nicht davon auszugehen, dass die Mängel Panders Arbeit allein auf seinen unpräzisen Beschreibungen und schwierig zu lesendem Stil basieren. Betrachtet man die großen Unterschiede zwischen der ersten *„Tafel der Durchschnitte“* seiner *„Beiträge“* und den verbesserten *„Ideellen Zeichnungen“*¹³⁰³ welche er nochmals für Lorenz Oken anfertigte, sind diese zu deutlich. Wie bereits gezeigt, gelang es Pander nicht in seinen Beiträgen auf der *„Tafel der Durchschnitte“* die komplexen, anatomischen Verhältnisse der Kopfscheide, des Vorderdarms und des Herzkanals korrekt abzubilden,¹³⁰⁴ sodass, zusammengenommen mit seinen hier aufgeführten Erläuterungen und der Beschriftung der Bildtafel, davon auszugehen ist, dass er das Keimblattkonzept damals noch nicht richtig nachvollziehen konnte. Demnach war es ihm beim Verfassen der *„Beiträge“* noch nicht möglich, eine differenzierte Beschreibung der Schichten zu geben, sondern er konnte nur erläutern, dass sich die Körperhöhlen des Embryos und die primitiven Organlagen überhaupt durch eine blattförmige Anlage bildeten.

¹³⁰⁰ Pander 1818, 515.

¹³⁰¹ Pander 1817a, Tafel der Durchschnitte.

¹³⁰² Ebd.

¹³⁰³ Oken 1818, Tafel 8.

¹³⁰⁴ Adelman 1966b, 1430–1431.

Anschließend werden die Figuren der verbesserten und neuen ‚*Tafel der Ideellen Zeichnungen*‘ betrachtet, welche Oken im Anhang seiner Zeitschrift ‚*ISIS*‘,¹³⁰⁵ zusammen mit Panders Brief, abdruckte, um die Unterschiede herauszuarbeiten. Pander bemühte sich tatsächlich sehr um eine schematisierte und übersichtliche Darstellung. Allein die Figuren 1 bis 4 sind der Darstellung der Keimhaut gewidmet, wobei c die ‚*Schleimschicht*‘, d die ‚*Gefäßschicht*‘ und e die ‚*Serose Schicht*‘ repräsentiert.¹³⁰⁶ Was die Abfaltung des embryonalen Körpers aus den Keimhäuten und die hieraus entstehenden Organe betrifft, sind die Figuren 6 bis 9 aufschlussreich.¹³⁰⁷

Die neunte Figur stellt den wichtigsten Beleg dafür dar, dass Pander letztendlich die getrennten Verhältnisse zwischen Kopfscheide, mesodermalen Herzschlauch und endodermalen Vorderdarm verstanden hatte. Klar sieht man über dem Herzen die ektodermale Umschlagsfalte der Kopfscheide, aus welcher sich dann das Amnion ableitet. Zieht man die Linien der einzelnen Schichten verschiedenfarbig durch, so wird es noch besser sichtbar, als es ohnehin schon ist, dass der Herzschlauch allein aus dem Mesoderm abstammt. Die Gedärme, welche mit dem Dottersack in Verbindung stehen, sind allein von Endoderm gewandet, während das Mesoderm, korrekterweise, zu deren Wurzel zieht und gemeinsam mit dem Endoderm den Dottersack auskleidet.^{1308, 1309}

Adelmann stellte es bei dieser verbesserten ‚*Tafel der Ideellen Zeichnungen*‘ in Frage, ob Pander wirklich die schwierigen Schichtverhältnisse um den Herzschlauch

¹³⁰⁵ Oken 1818, Tafel 8.

¹³⁰⁶ Pander 1818, 521.

¹³⁰⁷ Oken 1818, Tafel 8, Figur 6-9.

¹³⁰⁸ Ebd., Tafel 8, Figur 9.

¹³⁰⁹ Schoenwolf 1997, 449: Mesoderm und Endoderm kleiden Allantois und Dottersack aus.

herum verstanden hatte.^{1310, 1311} Er kam zu dem Schluss, dass dies wohl nicht der Fall war.¹³¹²

¹³¹⁰ Adelman 1966b, 1433: Dieses Thema diskutierte Adelman erstmalig bei der Beschreibung der Herzentwicklung. Zu Recht stellt sich diese Frage automatisch beim Lesen von Panders ‚*Dissertatio*‘ und seinen ‚*Beiträgen*‘, die Bildtafeln mitsamt den Beschriftungen hinzugerechnet.

¹³¹¹ Adelman 1966c, 1704–1714: Ein zweites Mal diskutierte Adelman die Frage, ob Pander die Schichtverhältnisse der Keimhaut verstand bei der Entstehung des Darmkanals.

¹³¹² Adelman 1966b, 1433.

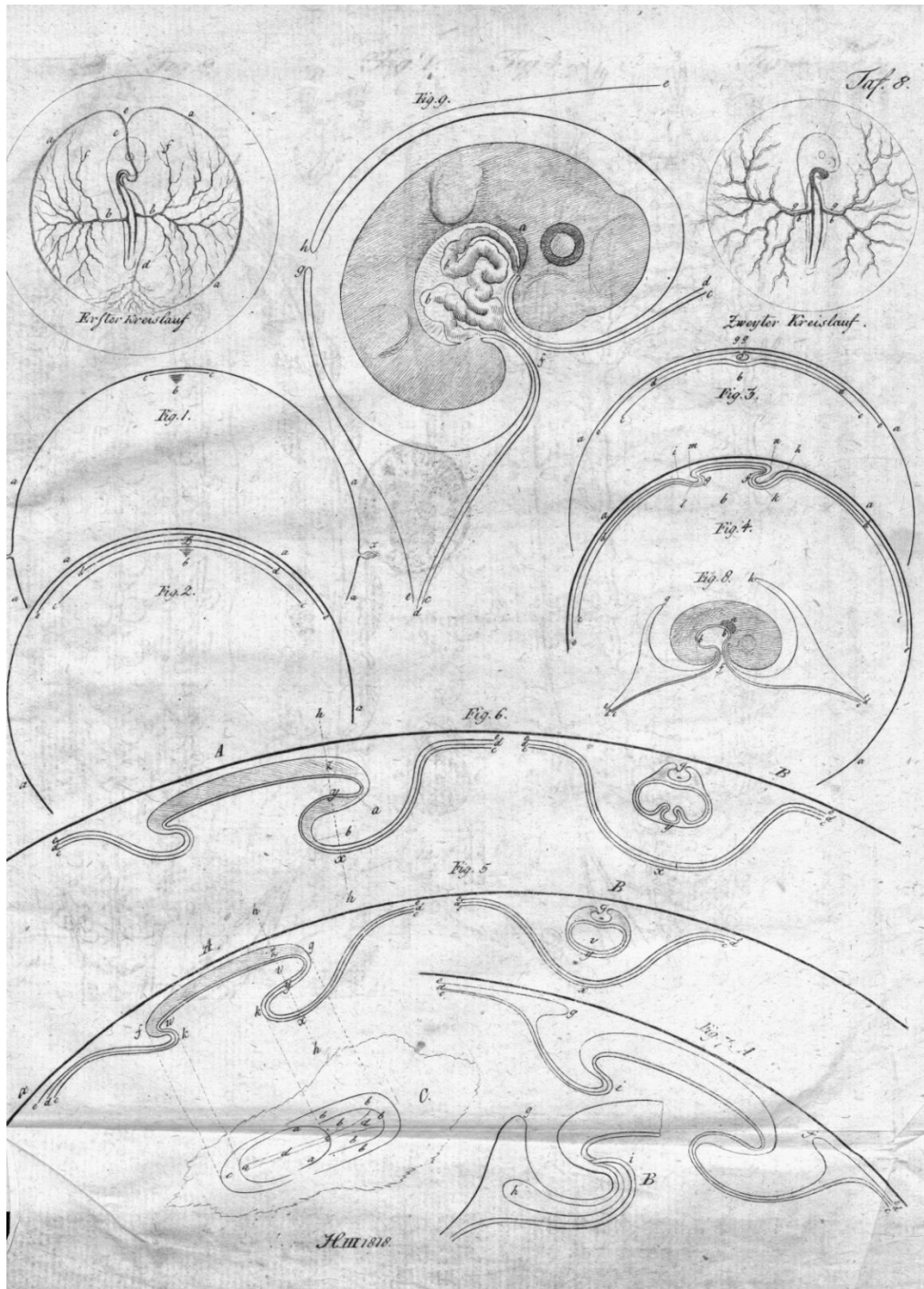


Abbildung 13: Tafel der Ideellen Zeichnungen

Quelle: https://zs.thulb.uni-jena.de/rsc/viewer/jportal_derivate_00225401/ISIS_1818_Bd02_581.tif?x=-

2212.2654205607478&y=0&scale=0.1525085518814139&rotation=0&layout=singlePageLayout&logicalDiv=jportal_jparticle_00149409, abgerufen am 26.10.19.

In der Tat ist der Ausschnitt B der Figur 6 hier etwas verwirrend und könnte zu der Interpretation führen, dass Pander die Schichtverhältnisse nicht verstanden hatte.¹³¹³ Die Figur stellt einen Querschnitt durch den Embryo dar, in welchem sich gerade das Neuralrohr bildet, sowie die Abfaltung der inneren Körperhöhlen beginnt. In Ausschnitt A kann man noch deutlich erkennen, dass der Herzschlauch nur aus dem Gefäßblatt gebildet wird.¹³¹⁴ Die verwirrende Darstellung des Ausschnitts B ist darin begründet, dass die Membraneinstülpung des Raums v, den Pander als Ursprungsort für die Entstehung des Ösophagus und des Herzens beschrieb, hier das Mesoderm und das Endoderm enthält. Da die Blätter hier dicht an dicht beieinander liegen, kann nicht sicher zwischen dem Ursprung der Herzanlage differenziert werden.

Zusammengenommen mit Panders hier gemachten Erklärungen und der Beschriftung der neuen Tafel mit den „*ideellen Durchschnitte*“¹³¹⁵, ist es eher wahrscheinlich, dass Pander die Grundzüge der Dreischichtung dieser Region zum Zeitpunkt, in welchem er den Antwortbrief an Oken verfasste, erkannt hatte. Der Ausschnitt B der Figur 6 stellt die Abfaltung der beiden Organanlagen unglücklich gewählt und unpräzise dar, was die Differenzierung zwischen der Anlage des Herzens und der Anlage des Ösophagus betrifft. Aber selbst heutigen Forschern fällt es schwer, diese topographische Region genau zu untersuchen und übersichtlich darzustellen.¹³¹⁶

Auf allen weiteren Figuren im Längsschnitt ist eine klare Trennung dieser Schichtverhältnisse abgebildet, wozu Pander ebenso eine deutliche und korrekte Beschreibung lieferte. Eine so klare Darstellung war sicher nur möglich, indem Pander

¹³¹³ Ebd.: Eben diesen Querschnitt benutzt Adelman als Beleg dafür, dass Pander nicht verstanden hatte, woraus sich nun Herz und Vorderdarm entwickelten.

¹³¹⁴ Oken 1818, Tafel 8, Figur 6.

¹³¹⁵ Pander 1818, 521.

¹³¹⁶ Bellairs/Osmond 2014, 52–53.

eigens die Entstehungsprozesse anatomisch in ihrem Verlauf korrekt nachvollziehen konnte. Dies lässt sich aus der Beschriftung der Figur 4 entnehmen: „*Es ist also nun deutlich und klar zu erweisen nöthig, daß 1) Die seröse Schicht a) die Primitivfalten m, n bildet; b) die Leibesseiten des Fötus, welche bey dem vorliegenden Embryo noch sehr klein seyn müssen, da er vorn noch ganz offen ist und daher bey ihm der Nabelring noch so weit ist, als l und k voneinander entfernt sind; und c) das Amnion aus ihr entsteht, welches bey Fig. 4 als Fortsetzung der Leibesseiten des Fötus schon bis h und i geht, von wo aus es sich in Zukunft über den Rücken schlägt und durch allmähliges Aneinanderücken schließt. [Sehr deutlich. Was wird aber aus dem Stück h e und i e?]. Daß 2) Die Gefäßschicht dd, welche sowohl am Kopf n als am Schwanzende m die Umschläge der serösen Schicht begleitet, durch neues Umschlagen bildet a) oben bey f das Herz, b) die großen Arterien des Thieres (als Fortsetzungen des Herzens), c) wahrscheinlich (welches aber noch nicht nachgewiesen ist) bey g die Chorions - oder Allantoisblase*¹³¹⁷ Es ist aufgrund Panders obengenannter Darlegungen der Verhältnisse der Keimblätter untereinander anzunehmen, dass er abschließend zu einem tiefgreifenderen Verständnis der Entstehung dieser Strukturen gelangte.¹³¹⁸

Trotz dieser deutlichen und einfach formulierten These und trotz der vortrefflichen, neu gestalteten Tafel mit den „*ideellen Zeichnungen*“¹³¹⁹ gelang es Pander nicht, Lorenz Oken abschließend grundlegend von seiner These zu überzeugen. Dies ist deutlich aus Okens Abschlusskommentar zu Panders Erläuterungen des dreiblättrigen Keimhautmodells herauszulesen: „*Das freut uns, daß die Vfr. [Verfasser] diese Faltung so vortrefflich, wenn gleich noch nicht vollständig, durchgeführt haben, und wir über die*

¹³¹⁷ Oken 1818, 521–522.

¹³¹⁸ Ebd., 515–516: „*Um die Bildung des Herzens und des Darmcanals zu verstehen, muß man sich nur erst deutlich vorstellen, daß die Keimhaut aus drey für die Entwicklung des Fötus bestimmt verschiedenen Häuten besteht, von denen die unterste, die Membrana pituitosa (Schleimhaut), die Bildung des Darmkanals übernimmt, so wie die Membrana vasculosa (Gefäßhaut) Herz und Gefäße enthält, und die Membrana serosa (seröse Haut) Hülle des Rückenmarkes, Leibesseiten des Fötus und Amnion darstellt. Deutlicher erhellet dieses aus den hiebeyfolgenden ideellen Zeichnungen und deren Beschreibung.*“

¹³¹⁹ Ebd., 515.

ursprüngliche Röhren- oder Blasenform einig sind. Aber nun rücken wir wieder mit unserm alten, vorn weggeworfenen Satz von S. 1536 vor, daß nemlich der Leib aus Blasen und nimmermehr aus Blättern entstehe, ungeachtet die Vfr. vorn sagen: ‚Die Natur bilde einmal den Leib nicht anders als aus Blättern und nicht aus Blasen, und da sey denn nichts zu machen.‘ [Oken zitiert vorherigen Satz Panders] Wir halten diese drey Schichten für nichts anders als Blasenhäute um den Dotter (Fig. 4 ee), die sich nur an einer Stelle ein- oder aussacken fff. So ist die Darmhaut cc zu betrachten, als eine ganze Dotterhülle; welche oben bey gk sich einschnürt wie Zuckerglas; gccf ist das Nabelbläschen, gf der Blinddarm und gf der übrige Darm, der aber hier noch die Gestalt eines Harnglases hat.“ Die Embryonalentwicklung des Huhns aus Blasen, welche sich nur umformen, zu interpretieren, hätte nicht ferner von Panders Beschreibung und den realen Bildungsschritten entfernt sein können.

Ohne umfassende, eigene Studien am Hühnerembryo durchgeführt zu haben, schien es schier unmöglich, Panders Verständnis der Embryonalentwicklung bis auf ihre Grundsätze zu folgen, selbst für einen embryologisch vorgebildeten Naturforscher wie Lorenz Oken.¹³²⁰ Oken blieb damit nicht alleine, auch Karl Ernst von Baer gab an, seine weiteren Forschungen am Hühnerembryo vor allem begonnen zu haben, weil er Panders Arbeit anfangs überhaupt nicht verstanden hatte.¹³²¹ Adelman erklärte diese Verständnisprobleme, auf die Panders Arbeit stieß, einerseits aufgrund des schwierigen Stils, den Pander bei seinen Beschreibungen verwandte und andererseits aufgrund der Tatsache, dass die so beobachteten Prozesse der Embryonalentwicklung des Huhns an sich nur schwer in verständlicher Form zu beschreiben waren: „*His Dissertatio and Beiträge, like Woff's work, proved largely incomprehensible to his contemporaries. And, indeed, they are difficult to read even at the present day when so much more is known about*

¹³²⁰ Adelman 1966c, 1714: Auch Adelman kam hier wieder zu dem Schluss, dass Panders damalige Forscherkollegen noch nicht bereit dazu waren, dessen neuartige Ergebnisse in ihrer ganzen Reichweite zu verstehen.

¹³²¹ Baer 1866, 294–297: Hier legte Karl Ernst von Baer die Ursache dar, warum Pander und Wolff beide von ihren wissenschaftlichen Kollegen nicht verstanden werden konnten.

what Pander ought to have seen. Yet if his terms of reference are adopted, it is not impossible to follow him to the limits of his own clarity. It must be kept in mind that his vision was not entirely unclouded, that he was groping his way toward the understanding of relationships at best rather difficult to visualize without considerable practice, and in any event not exactly easy to describe even when they have been adequately comprehended."¹³²² Darüber hinaus waren Panders Erkenntnisse völlig neu und er selbst war beim Verfassen seiner ‚*Beiträge*‘ und ‚*Dissertatio*‘ noch nicht zum völligen Verständnis des Keimblattkonzepts gelangt. Zusammengenommen führten diese Faktoren zu den allgemeinen, erläuterten Verständnisschwierigkeiten, welche sich beim Lesen Panders embryologischen Erstwerks aufwarfen. Erst nach umfassenden, eigenen Experimenten gelang es Baer, Panders Arbeit zu verstehen und basierend auf den Untersuchungen seines Vorgängers neue Erkenntnisse zu liefern.¹³²³

b. Würzburg und Döllinger

Einer der wenigen Naturforscher, die Panders Arbeit verstanden, war Ignaz Döllinger. Die Ursache hierfür ist verschiedenartig begründet. Zunächst einmal blickte der Würzburger Professor auf über ein Jahrzehnt eigene, embryologische Forschungen zurück. Zusätzlich hatte er bereits vor Panders Dissertationsprojekt embryologische Forschungsarbeiten seiner ausgewählten Studenten betreut.¹³²⁴ Folglich hatte er seine wissenschaftliche Methodik ausbauen und vertiefen können, sodass er mit der Mikroskopie und der Präparation des Hühnerembryos sehr gut vertraut war. Döllinger brachte somit alle wissenschaftlichen Erfahrungen und Voraussetzungen mit, aufgrund derer es Pander überhaupt erst möglich war, so effektiv am Hühnerembryo zu forschen.

¹³²² Adelman 1966c, 1703.

¹³²³ Baer 1828, 1–16.

¹³²⁴ Schmuck 2010, 61–62: Schmuck sprach auf dem Gebiet embryologischer Forschungen sogar von einer „Döllinger-Schule“.

Während einem Großteil der Untersuchungen seines Schülers war Döllinger anwesend.¹³²⁵ Es ist anzunehmen, dass Döllinger Pander immer wieder über die Schulter schaute, wenngleich er seinem Studenten den Hauptteil und die Strukturierung der Forschungen überließ.¹³²⁶ Indem Döllinger auf diese Weise die Entwicklung des Hühnchens von Beginn an systematisch im Hintergrund beobachten konnte, hatte er einen enormen Vorteil gegenüber allen anderen Naturforschern, die dies bloß beim Lesen der Veröffentlichungen Panders nachvollziehen konnten. So hatte auch Karl Ernst von Baer betont, Panders Arbeit erst nach umfassenden, eigenen, praktischen Studien verstanden zu haben.¹³²⁷

Ein sehr interessanter Beleg hierfür, dass Döllinger sich in seinen weiteren, naturwissenschaftlichen Forschungen ganz auf Panders neue Ergebnisse stützte und die Arbeit seines Schülers auch verstanden hatte, findet sich in der kritischen Besprechung des Würzburger Professors von Malpighis Bildtafeln. Diese veröffentlichte er 1818 als einen Beitrag in einer feierlichen Rede zur Aufstellung einer Statue von Karl Theodor von Dalberg der Universität Würzburg.¹³²⁸ Hierbei analysierte Döllinger die ersten drei Tafeln von Malpighis zweitem Werk ‚*Appendix repetitas auctasque de ovo incubato observationes continens*‘. Malpighi war der erste Embryologe, welcher das Blastoderm vom Dotter löste, um es anschließend unter dem Mikroskop zu betrachten, weshalb seine Abbildungen erstmalig vor Panders Arbeit die frühen Stadien der Embryonalentwicklung zu zeigen vermochten.¹³²⁹ Nicht nur Marcello Malpighi gelangte hierdurch zu viel genaueren Einblicken in die Embryonalentwicklung des Huhns. Auch Ignaz

¹³²⁵ Baer 1866, 198–200.

¹³²⁶ Pander 1817b, 2: Vgl. hierzu vor allem Panders Vorwort seiner ‚*Dissertatio*‘, in welchem er darlegte, dass Döllinger ihn in alle seine bisherigen Erkenntnisse und seine eigens etablierte Methodik einweihte, sowie er ihm alle Instrumente und einen Schlafplatz in seiner eigenen Wohnung bereitstellte und ihm beratend zur Seite stand.

¹³²⁷ Baer 1828, 1–16.

¹³²⁸ Döllinger 1818a: Der Beitrag zu Malpighi trägt genauer den Titel: ‚*Malpighi, Marcello: Iconum ad historiam ovi incubati spectantium censurae specimen*‘

¹³²⁹ Adelman 1966a, 833.

Döllinger wandte diese Methodik an und lehrte sie seinem Schüler Christian Heinrich Pander.¹³³⁰ Da Malpighi der einzige Forscher war, bei dem sich systematisch sortierte Abbildungen zu den frühen Entwicklungsstadien des Huhns fanden, entschied sich Döllinger dazu, dessen Abbildungen anhand Panders neuer Erkenntnisse aufzuarbeiten.¹³³¹ Hierbei versuchte Döllinger, dargestellte Strukturen richtig zu benennen, Fehler Malpighis zu korrigieren und die korrekte Darstellung des Autors zu loben.¹³³² Dafür berief sich der Würzburger Professor maßgeblich auf das embryologische Vokabular, welches Pander in seiner ‚*Dissertatio*‘ eingeführt hatte.

Eingehend beschrieb Döllinger den Nucleus,¹³³³ die Halonen und den Fruchthof in der Figur II von Malpighis Tafeln.¹³³⁴ In der Analyse der Figur I, D erkannte er die Primitivfalten, wobei er Pander als Erstbeschreiber hervorhob.¹³³⁵ Auch in den folgenden Zeichnungen Malpighis erkannte Döllinger Strukturen, die Pander explizit erstmalig bei seinen embryologischen Forschungsarbeiten erkannt hatte. Beispielsweise entdeckte Döllinger neue Strukturen in der Figur 6 Malpighis, die der italienische Embryologe selbst nicht beschrieben hatte. Der Würzburger Anatom und Embryologie erkannte in dieser Figur die Kopfscheide und benannte sie analog zu der Namensgebung Panders ‚*vagina capitis*‘.¹³³⁶ Die Bildung der Kopfscheide hatte Pander so ausführlich erstmalig beschrieben.¹³³⁷

Doch außer Panders korrekten Erkenntnissen übernahm Döllinger auch dessen Fehlinterpretationen. So bezeichnete er die Anlage der Chorda dorsalis als

¹³³⁰ Baer 1866, 198–200.

¹³³¹ Adelman 1966a, 941–999: Die Beschreibung der Figuren von Malpighi findet sich im originalen Wortlaut hier abgedruckt, sowie die Kommentare Döllingers in den zugehörigen Fußnoten wiedergegeben sind.

¹³³² Döllinger 1818a, 6–7: Beispielsweise lobte Döllinger die Darstellung der Area vasculosa.

¹³³³ Ebd., 4: Er bezieht sich hierbei auf Malpighis Figur II.

¹³³⁴ Ebd., 3–4.

¹³³⁵ Ebd., 3: ‚*Pullus e duabus plicis primitivis formatus confer. T. II, f. 2. Apud Panderum.*“ Hier bezog sich Döllinger auf die Tafel II aus Panders ‚*Beiträgen*‘.

¹³³⁶ Ebd., 8.

¹³³⁷ Pander 1817a, 12–13.

Rückenmark.¹³³⁸ Neben der korrekten Beschreibung des Neuralrohrs und der Chorda dorsalis entging es Pander auch, die Gehirnentwicklung des Embryos genauer zu untersuchen und so zu fundierten, neuen Ergebnissen zu gelangen. Daher ist es nur eine Folge dieser Mängel, dass auch Döllinger, sich auf Pander berufend, keine neuen Strukturen in Malpighis Figuren finden konnte und ihm keine genaue Zuordnung der sichtbaren Strukturen des sich bildenden Gehirns gelang.¹³³⁹

Indem Döllinger sich bei der Analyse von Malpighis Figuren auf Panders Erkenntnisse berief, zeigte er diesem seine wissenschaftliche Anerkennung. Es gelang dem Professor, beruhend auf Panders Untersuchungen, dessen Keimblattkonzept nachzuvollziehen und zu verstehen, wie sich hieraus durch Falten der embryonale Körper bildet. Dies geht aus dem folgenden Abschnitt hervor, in welchem Döllinger die Darstellung der Primitivfalten bei Malpighi besprach. Besonders hervorzuheben ist dieser Abschnitt auch, da sich Döllinger indirekt gegen die Kritik Okens an Panders embryologischen Werk wandte. Zuvor hatte Oken in seiner Rezension von Panders Werk vehement gegen dessen grundlegende Idee der Keimblatttheorie gehalten: „*So können die Sachen alle nicht sein. Der Leib entsteht aus Bläßen, und nimmermehr aus Blättern. So scheint uns, als wenn man ganz und gar vergäße, daß der Dotter und die Dotterhaut (die eine Bläße ist), wesentlich zum Leibe des Keims gehören [...]*“.¹³⁴⁰

Zwar nannte Döllinger hier keinen Namen, dennoch ist dieser Abschnitt über die Primitivfalten wohl an Lorenz Oken gerichtet: „*Das Huhn gebildet von den plicae primitivae. Es ist erstaunlich wie abstoßend die Falten des Blastoderms für die Physiologen sind, welche dazu überredet wurden, zu glauben, dass jedes Tier aus Vesikeln [Oken 1817] entsteht. Aber lasst jene sehen, wie die Vorgänge der Natur mit voreingenommenen Meinungen in Einklang zu bringen sind. Währenddessen, hat der Autor hier*

¹³³⁸ Döllinger 1818a, 8: Er interpretierte bei der Neubeschreibung der Figur 10 B die Chorda dorsalis als Rückenmark.

¹³³⁹ Ebd., 2–14.

¹³⁴⁰ Oken 1817, 1537.

[Malpighi] und in einer anderen Figur die *Plicae Primitivae* korrekt als zwei parallele Linien dargestellt; da das Blastoderm unter dem zusammengesetzten Mikroskop untersucht wurde, scheinen die zwei Ränder, welche sich durch das Abfalten aufgeworfen haben, mehr als undurchsichtige Linien, aber die Spitze der Falte, da sie aus solch einer dünnen Membran besteht, scheint fast durchsichtig. Daher ist es klar, dass diese Falten, zuerst von Pander so benannt, keine undurchsichtigen Linien sind, wie ein Kritiker [Oken, 1817] sagt. Es gibt auch noch eine Zeichnung des Rückenmarks in der Figur 2 c, aber diese ist schlecht.“¹³⁴¹ Zuerst fällt hier deutlich auf, wie rational Döllinger diesen Sachverhalt betrachtete. Sachlich stellte er dar, wie es, aufgrund der wissenschaftlichen Methodik der Mikroskopie, einfach zu belegen war, dass der Embryo aus einer Haut, welche sich faltete, entstand. Dass alle anderen hieraus ziehbaren Schlüsse rational so nicht haltbar waren, wie Oken sie vertrat, stellte er ebenso heraus. Klar benannte er hier Christian Heinrich Pander als den Erstbeschreiber und schrieb ihm hierdurch volle Anerkennung zu. Döllinger adaptierte das Konzept seines Schülers, wonach der Embryo durch die Abfaltung der dreiblättrigen Keimscheibe entstand, völlig.

Darüber hinaus hatte er seine gesamte Besprechung Malpighis Tafeln auf Panders neu eingeführten Vokabular und auf dessen Erkenntnissen aufgebaut.¹³⁴² Er erkannte die Leistung seines Schülers, die jener mit Hilfe des Mikroskops hatte erbringen können, voll an und übernahm dessen neue Ideen. Dies bestärkt nur den Eindruck, dass

¹³⁴¹ Döllinger 1818a, 4: Döllinger bezog sich hier auf Figur II C aus Malpighis zweiter Arbeit ‚Appendix‘. Hierauf ist die Keimscheibe mit Primitivfalten und der Rinne dazwischen zu erkennen. Döllinger analysierte die Figur 2 C Malpighis, indem er sich auf Okens Kritik von Panders ‚Dissertatio‘ aus dem Jahr 1817 berief, welcher die Primitivfalten und deren Bedeutung hinterfragte. Hierbei ist der lateinische Text frei übersetzt worden: „*C. pullus e plicis primitivus formatus. Mirum, quam odiosae sind blastodermatis plicae physiologis, qui omne animal ex vesiculis oriri persuasos se habent. Sed quomodo naturae operationes cum preconceptis opinionibus sint conciliandae, videant hi. Interim recte plicas primitivae duabus lineolis parallelis hic et in aliis figuris exprimit A.; dum enim sub microscopio composito blastoderma consideratur, duo anguli plicando orti, tanquam lineae opaciores, summitas plicae autem, utpote e tenerrima membrana constans, fere pellucida apparet; unde etiam patet, has plicas, Pandero primarias dictas, non esse lineolas magis opacas, uti nuper criticus voluit. Inest quoque figurae C delineato medullae spinalis, sed mala.*“

¹³⁴² Ebd., 2–14: Beispielsweise sprach Döllinger vom Nucleus, den Halonen, den Primitivfalten und der Kofpscheide. All diese Namen hatte Pander in seinem embryologischen Erstwerk gebraucht.

Panders Ergebnisse ein großer Schritt auf dem Weg zu einer empirisch fundierten Methodik in der Embryologieforschung waren.

Wie aus Döllingers wissenschaftlicher Tätigkeit in der Gesamtschau hervorgeht, war das Mikroskop Schwerpunkt seiner Forschungen.¹³⁴³ Auch die obengenannte Aussage bekräftigt nur, dass Döllinger in der mikroskopisch dargestellten Struktur nach der empirischen Begründung seiner Studien strebte. Er besprach die methodischen Fehlerquellen, welche bei der Beurteilung der Darstellung der Primitivfalten auf Malpighis Figur berücksichtigt werden mussten. Dies zeugt von den fundierten Kenntnissen Döllingers in der Mikroskopie und seiner rationalen Arbeitsweise.¹³⁴⁴ Eben auch die Begründung der Keimblatttheorie durch seinen Schüler Christian Heinrich Pander war erst durch einen so systematischen Einsatz des Mikroskops möglich. Indem man die ersten fünf Entwicklungstage genau untersuchte, ließen sich die morphologischen Veränderungen der Keimscheibe überhaupt beschreiben.¹³⁴⁵ So sah auch Döllinger, vermutlich stärker denn je, denn herausragenden Nutzen des Mikroskops in embryologischen, anatomischen und physiologischen Forschungen. Diese Möglichkeit wollte er seinen zukünftigen Studenten nicht verwehren, sodass er dafür plädierte, ein Mikroskop am anatomischen Theater bereitzustellen. Hatte Pander noch die eigenen Instrumente des Würzburger Professors genutzt,¹³⁴⁶ so forderte Döllinger im Jahr 1818, unmittelbar nach dem Abschluss von Panders Promotionsprojekt, für die bessere Lehre in der Anatomie ein zusammengesetztes Mikroskop anzuschaffen.¹³⁴⁷ Dass Panders erfolgreiche Dissertation ihn zu dieser Forderung anregte, legt der zeitliche Zusammenhang zwischen dem Abschluss Panders Arbeit¹³⁴⁸ und der Neubearbeitung von Malpighis Figuren durch

¹³⁴³ Gerabek 1995, 248.

¹³⁴⁴ Ebd., 331–334.

¹³⁴⁵ Schmuck 2010, 104–105: Auch Schmuck sah den wissenschaftlichen Erfolg Panders Arbeit darin begründet, dass sich dieser auf die mikroskopische Analyse der frühen Entwicklungsstadien konzentrierte.

¹³⁴⁶ Pander 1817b, 2.

¹³⁴⁷ Archiv des Juliusspitals Nr. 4459 1818; Vgl. hierzu auch den Quellenverweis bei Elze 1990, 75

¹³⁴⁸ Pander 1817a.

Döllinger nahe.¹³⁴⁹ Indem sich der Professor nach dem Fortgang seines Studenten weiterhin mit der mikroskopischen Analyse der Ergebnisse Malpighis Figuren beschäftigte, bestärkte dies seine Annahme, dass das Mikroskop die Grundlage für eine rationale Embryologieforschung war.

Was die Lehre der Embryologie betraf, die Döllinger fortan praktizierte, so ist hierüber leider nur eine Vorlesung im Verzeichnis des Jahres 1818 zu finden, welche explizit die Embryonalentwicklung des Huhns berücksichtigte.¹³⁵⁰ Abgesehen hiervon lassen sich keine weiteren Quellen zu embryologischen Forschungen während Döllingers Würzburger Zeit finden.

c. Nees von Esenbeck und Goethe:

Dadurch, dass das Bebrüten und Mikroskopieren auf dem Gut des Botanikers und Naturphilosophen Nees von Esenbeck in Sickershausen stattfanden,¹³⁵¹ konnte er den Untersuchungen interessiert folgen. Dies lässt sich zum einen aus seinem Briefwechsel mit Karl Ernst von Baer,¹³⁵² zum anderen durch seinen Briefwechsel mit Johann Wolfgang von Goethe, erschließen.¹³⁵³

Nees studierte in Jena Medizin, wobei ihm damals schon seine Neigung zur Philosophie bewusst war. Anschließend war er nur kurz als Arzt tätig, um sich dann auf dem Gut seiner verstorbenen, ersten Ehefrau bei Sickershausen niederzulassen. Hier war er als Privatgelehrter tätig und schrieb Kritiken für die *Jenaische allgemeine*

¹³⁴⁹ Döllinger 1818a.

¹³⁵⁰ Schmuck 2010, 62: „Die Vorlesung wurde unter dem Titel ‚Embryologie des Menschen und der Thiere, mit besonderer Rücksicht auf die Metamorphosen des Hühnchens im Eye‘ angekündigt, fand ‚wöchentlich 3 mal von 4-5Uhr‘ statt und verwies damit explizit auf Panders Leistung.“

¹³⁵¹ Riha 2012, 31: In einem Brief vom 28.12.1816 setzte Nees Baer in Kenntnis über die Entwicklung von Panders Arbeit, welche zu diesem Zeitpunkt auf seinem Gut durchgeführt wurde: „Pander ist noch nicht fertig mit Brüten, wie ich gedacht, u. fängt zu Fastnacht wieder an.“

¹³⁵² Ebd., 4–39: Baer, welcher im Sommer 1816 bereits nach Königsberg ging, wurde durch Nees über die Forschungsarbeit von Pander, D’Alton und Döllinger teilweise informiert. Dies findet sich hauptsächlich in den Briefen 2 bis 6.

¹³⁵³ Kanz 2003, 58–61: S. zu Panders Arbeit über die Hühnerembryologie die Briefe 12 bis 15. Nees schrieb Goethe erst nach dem Anschluss von Panders Arbeit.

Literaturzeitung‘, wodurch auch Goethe auf ihn aufmerksam wurde. Hierbei verfasste er Artikel zu Naturgeschichte, Medizin, Philosophie und Literatur.¹³⁵⁴

Nees nahm weniger ernsthaft wissenschaftlichen Anteil an Panders Arbeit, als es Oken, Baer und Döllinger taten. Dies war darin begründet, dass Nees sich hauptsächlich mit Botanik beschäftigte und weniger mit embryologischen Forschungen. Dennoch, als umfassend gebildeter und naturphilosophisch geprägter Naturforscher, interessierte er sich für Panders Arbeit.¹³⁵⁵ Dass er von Beginn an in die Entstehung des Werks miteinbezogen wurde, zeigt auch der folgende Auszug aus Nees Brief an Baer: „*Von Herrn Panders Tafeln habe ich nun 2. Proben gesehen. Er schickte mir von der einen ein Exempl[ar]. Der Stich ist sehr zart, und strebt nach dem Ausdruck des Eyartigen. Ich weiß mich nicht rühmender darüber auszudrücken. Jetzt sind's 14. Tage, als ich in Würzb[urg] war. [...] Herr Pander ging mit uns ins Theater.*“¹³⁵⁶

Nun gab es für Naturforscher um 1800 noch keine andere Möglichkeit, einen regelmäßigen Austausch über aktuelle, wissenschaftliche Themen aufrechtzuerhalten, als die des Briefeschreibens. Weit verstreut über Deutschland, teilweise sogar über Europa, war dies die einzige Möglichkeit, in wissenschaftlichen Kontakt zu treten. Damals war es nicht üblich unter Naturforschern, sich regelmäßig zur Bearbeitung eines wissenschaftlichen Themas im Rahmen eines Kongresses zu treffen.¹³⁵⁷

So schrieb Nees beispielsweise im Jahr 1816 regelmäßig Briefe an Baer, welcher von Sickershausen abgereist war, um diesen über die wissenschaftlichen Fortschritte Panders zu informieren.¹³⁵⁸ Nicht nur mit Baer stand Nees in Briefkontakt. Auch mit

¹³⁵⁴ Ebd., 17.

¹³⁵⁵ Ebd., 17–19.

¹³⁵⁶ Riha 2012, 57: Der Brief ist auf den 09.03.1817 datiert. Neben der wissenschaftlichen Anteilnahme geht hieraus auch hervor, dass die Naturforscher auch gemeinsame Unternehmungen außerhalb ihrer Forschungen machten.

¹³⁵⁷ Kanz 2003, 15–16.

¹³⁵⁸ Riha 2012, 8–9.

Johann Wolfgang von Goethe entwickelte sich im Jahr 1816 ein erster Briefwechsel, welcher sich zu einer langjährigen, wissenschaftlichen Korrespondenz ausbaute.¹³⁵⁹

Den Grund, sich mit dem von Nees schon lange geschätzten Goethe, in Verbindung zu setzen, fand der Privatgelehrte schließlich in der Erstveröffentlichung seines umfangreichen Werks *Das System der Pilze und Schwämme*, welches er nach Goethes Denkansätzen gestaltete.¹³⁶⁰ Seinen ersten Brief verfasste Nees an den deutschen Universalgelehrten im Juni 1816, eben der Monat, in dem auch Christian Heinrich Pander in Würzburg eintraf.¹³⁶¹ Aus diesem ersten Brief Nees' entwickelte sich ein umfangreicher Austausch, der vor allem für die botanischen Forschungen beider Naturwissenschaftler bereichernd war.¹³⁶² Doch neben botanischen Fragestellungen beinhalteten die Briefe auch private Themen, oder andere Bereiche der Naturforschung, wie etwa Goethe an Nees seine Beiträge *Zur Naturwissenschaft überhaupt, besonders zur Morphologie* (1817-1824) sandte.¹³⁶³ Auch entwicklungsgeschichtliche Fragestellungen im umfassenderen Sinne beschäftigten Goethe. Beispielsweise interessierte Goethe sich für Morphologie und veröffentlichte von 1817 bis 1822 seine osteologischen Untersuchungen. Diese Werke spielten eine große Rolle für die Disziplin der Vergleichenden Osteologie in der deutschen Wissenschaftswelt.¹³⁶⁴

Aufgrund seines Interesses für das Anatomische und Ästhetische war der Künstler Joseph Eduard D'Alton Goethe bereits bekannt.¹³⁶⁵ Nachdem der Kupferstecher mit Pander die umfassenden Untersuchungen am Hühnerembryo abgeschlossen hatte, war es selbstverständlich, dass Nees und D'Alton auch Goethe am erfolgreichen Ergebnis teilhaben lassen wollten: *„Sollten Euer Exzellenz Panders Schrift von dem bebrüteten*

¹³⁵⁹ Kanz 2003, 19–24.

¹³⁶⁰ Ebd., 22.

¹³⁶¹ Baer 1866, 195–196.

¹³⁶² Kanz 2003, 19–24.

¹³⁶³ Ebd., 23.

¹³⁶⁴ Schmitt 2005, 5.

¹³⁶⁵ Zwiener 2004, 9.

*Ey nicht durch D'Alton erhalten haben: so bitte ich gehorsamst, mich davon zu unterrichten. D'Alton behielt sich die Bestellung vor, gieng aber so schnell nach Paris ab, daß er leicht bey seiner Lebhaftigkeit, diese Sache vergeßen haben könnte. Ich darf dem Künstler zwar nicht vorgreifen, aber das soll er mir nicht wehren, daß ich für ihn gut mache, wenn ich höre, daß er saumselig war. [...]*¹³⁶⁶ Goethe verneinte, bislang die „*Pantherische Schrift*“¹³⁶⁷ erhalten, oder überhaupt gesehen zu haben. Daraufhin übersandte Nees die ‚*Beiträge*‘ Panders, mitsamt der Kupfertafeln an Goethe.¹³⁶⁸ Leider vermochte Goethe, was den wissenschaftlichen Gehalt dieser Sendung von Nees betraf, nicht adäquat hierauf zu reagieren. In seinem endgültigen Brief an Nees, welchem ein Entwurf, den er nicht abschickte,¹³⁶⁹ vorausging, schrieb er zu Panders Dissertation: „*Ew. Wohlgeboren, reichhaltige Sendung [...] gedachte ich mit einem nicht ganz gehaltlosen Briefe zu erwidern, [...], als ich bemerkte, daß meine gegenwärtige Lage mir nicht erlaubt, mich an diesen Gegenständen genug zu sammeln, um etwas einigermaßen Zulängliches an denjenigen zu senden, der ganz im Besitze solcher Kenntnisse sich befindet.*“¹³⁷⁰ Dies ist leider alles, was zu Goethes Reaktion auf Panders Keimblattmodell zu finden ist. Pander hingegen hatte den Begriff der Metamorphose, welchen Goethe in seiner Pflanzenlehre geprägt hatte,¹³⁷¹ in seinem ersten entwicklungsgeschichtlichen

¹³⁶⁶ Kanz 2003, 58: Nees an Goethe, Sickershausen, 17.03.1818

¹³⁶⁷ Ebd., 59: Goethe an Nees, Weimar, 21.04.1818

¹³⁶⁸ Ebd., 60: Nees an Goethe, Sickershausen 29.04.1818 „*Freund d'Alton thut mir einen großen Dienst durch seine Vergeßenheit. Ich kann Euer Exzellenz nun das Exemplar der Panderschen Schrift, das er mir wegen der vorzüglichen Abdrücke selbst ausgelesen, und Panders Kopf dazu geschenkt hat, wie ich immer wünschte, überschicken, indem mir ein anderes dieselben Dienste thut.*“

¹³⁶⁹ Ebd., 344: Briefentwurf Goethe an Nees, [Weimar, 17.05.1818] „*Ew. Wohlgeboren, bedeutende Sendung [er meinte Panders Dissertation und D'Altons Tafeln] verbindet mich aufs neue, denn obgleich in meiner gegenwärtigen Lage nur flüchtige Blicke werfen kann auf das Bescheerte und zu Erwartendem, so finde ich doch mein größtes Glück, daß alles mit meinen eigenen Hoffnungen und Wünschen nicht etwa nur übereinstimmt, sondern sie eigentlich belebt und verwirklicht.*“

¹³⁷⁰ Ebd., 61: Goethe an Nees, Jena 21.[-25.]05.1818

¹³⁷¹ Jahn 2004a, 278–279.

Werk mit der These der Keimblatttheorie verknüpft.¹³⁷² Eine erste Verbindung zu Goethes Lehre über Entwicklungsprozesse war also gegeben.

Metamorphose blieb auch nach dem Abschluss der Arbeit zur Hühnerembryologie ein Thema, welches D'Alton und Pander allumfassender zu erforschen suchten.¹³⁷³ Deshalb begannen sie 1818 eine gemeinsame Studienreise, auf der sie vergleichende, osteologische Untersuchungen an verschiedenen Tierarten betreiben wollten.¹³⁷⁴ Hierdurch hofften sie, sich einen wissenschaftlichen Zugang zur Erklärung der Metamorphose der Lebewesen zu erschließen.¹³⁷⁵

2. Zuordnung Panders eigener vertretener Hypothese zu Entwicklungsgeschichte

Pander beschäftigte sich zuerst mit der Entstehung des Individuums, indem er die Embryonalentwicklung des Huhns untersuchte. Daraufhin folgten vergleichende, osteologische Studien zur Entstehung der Arten.¹³⁷⁶ Dabei soll herausgearbeitet werden, wie Pander die Embryonalentwicklung des Individuums auffasste. Darüber hinaus soll sein Verständnis von der Wandelbarkeit und Entstehung der Arten kurz erläutert werden, da dies auch Schlüsse über Thesen erlaubt, welche Panders Werk zur Embryonalentwicklung beeinflussten.

Für seine erste, embryologische Arbeit ist hauptsächlich zu untersuchen, inwiefern Ignaz Döllingers entwicklungsgeschichtliche Überlegungen seinen Schüler Pander beeinflussten und motivierten. Des Weiteren gilt es hierbei, das Metamorphosenkonzept

¹³⁷² Pander 1817a, 12: „Eigentlich beginnt in jeder dieser drei Schichten eine eigene Metamorphose, und jede eilt ihrem Ziele entgegen; allein es ist jede noch nicht selbstständig genug, um allein das darzustellen, wozu sie bestimmt ist; so bedarf noch der Hülfe ihrer Gefährtinnen, und daher wirken alle drey, obgleich schon zu verschiedenen Zwecken bestimmt, dennoch, bis jede eine bestimmte Höhe erreicht hat, gemeinschaftlich zusammen.“

¹³⁷³ Schmuck 2011: S. hierzu Schmucks umfassenden Beitrag, welcher Panders und D'Altons osteologisches Werk aufarbeitet.

¹³⁷⁴ Rajkov 1984, 129.

¹³⁷⁵ Schmitt 2005: S. hier für eine Darstellung von Panders Verständnis des Artenwandels.

¹³⁷⁶ Schmuck 2010.

Goethes und die hierdurch inspirierte Naturphilosophie Schellings, welche auch Döllinger maßgeblich beeinflusste, zu berücksichtigen.¹³⁷⁷ Dies ist vor alledem unter dem Aspekt wichtig darzulegen, um zu verstehen, wie Pander versuchte, entwicklungsgeschichtliche Fragen überhaupt allumfassend zu erklären.

a. Embryonalentwicklung

Bereits Schmuck stellte in der abschließenden Bewertung seines Werks ‚*Baltische Genesis*‘ heraus, dass die Embryologieforschung des 19. Jahrhunderts, selbst nachdem man begonnen hatte, sich der Empirie zuzuwenden, nur schwer ohne philosophisch geprägte Motive auskam. Hiernach war häufig schon der Beweggrund, sich entwicklungsgeschichtlichen Fragestellungen zu widmen, naturphilosophisch verwurzelt¹³⁷⁸

Dies spiegelte sich in Ignaz Döllinger wieder, da die naturphilosophischen Ideen seines Werks zur menschlichen Entwicklung von 1816 nicht zu leugnen sind,¹³⁷⁹ wengleich er seine Forschungen zu diesem Zeitpunkt ebenso empirisch und deskriptiv mit dem Mikroskop betrieb.¹³⁸⁰ Dennoch blieb, wie bereits gezeigt, seine treibende Motivation, sich mit Entstehungsgeschichte zu befassen, in der Naturphilosophie verwurzelt. Hierbei strebte er nach einer umfassenderen Erklärung, die es ermöglichte, Ontogenese und Phylogenese zu verstehen.¹³⁸¹ Führt man sich Döllingers ganzheitlichen Forschungsansatz vor Augen, so liegt hier ein Zusammenhang mit Panders Bestreben,¹³⁸² eine „vollständige, allseitige und vollkommen genügende Geschichte“¹³⁸³ der

¹³⁷⁷ Richards 2017: S. hier zur Darstellung, inwiefern Schelling dieses Konzept Goethes übernahm und wie beide Naturforscher und Philosophen es auch in Bezug auf die Entstehung und die Veränderlichkeit des Lebens an sich anwandten

¹³⁷⁸ Schmuck 2010, 245–246.

¹³⁷⁹ Ebd., 64–68.

¹³⁸⁰ Döllinger 1814a: Vgl. hierzu beispielsweise Döllingers Werk zur menschlichen Hirnentwicklung; Vgl. hierzu auch Gerabek 1995, 331-334

¹³⁸¹ Döllinger 1805, 146.

¹³⁸² Schmuck 2010, 108, „Ganzheit, Selbstständigkeit, Zweck und Ziel sind in Panders Keimblatt-Konzept regulative Bwegriffe, die der Erklärung der Entwicklung dienen.“

¹³⁸³ Pander 1817a, IV.

Embryonalentwicklung zu liefern, nahe, welche die Entstehungsgeschichte des Individuums und die der Arten berücksichtigte.

Völlig im Sinne dieses ganzheitlichen Ansatzes begann auch Pander seine ‚*Beiträge*‘ und verwies immer wieder darauf, dass das Ziel entwicklungsgeschichtlicher Forschungen kein geringeres sein konnte, als sich die Entwicklung umfassend darzustellen.¹³⁸⁴ Hierbei sah er seine Studien zur Hühnerembryologie nur als ersten Beginn an. Was Pander genau mit dem Begriff des ‚*Ganzen*‘¹³⁸⁵ meinte, lässt sich erst durch die Betrachtung seiner gesamten, entwicklungsgeschichtlichen Forschungen, seine osteologischen Studien mit D’Alton einbegriffen, besser verstehen. Doch zunächst soll dargestellt werden, wie Pander den Prozess der Individualentwicklung erklärte.¹³⁸⁶

Pander betonte mehrmals, dass seine Arbeit zur Hühnchenentwicklung zuvorderst deskriptiv gestaltet war und er hier noch keine ‚*physiologischen Deutungen*‘¹³⁸⁷ angebracht hatte, welche er aus seinen Beobachtungen hätte ableiten können.¹³⁸⁸ Dennoch ergeben sich aus der Analyse der Art und Weise, wie er die erste Erscheinung des Keimblatts und den sich hieraus bildenden Embryo beschrieb, Schlüsse darüber, wie Pander Entwicklung metaphysisch verstand und nicht nur rein naturwissenschaftlich betrachtete.¹³⁸⁹ Diese philosophisch begründeten Gedanken betrafen unmittelbar die zentrale Frage, wie das Leben entstand. Panders Anmerkungen hierzu sind von umso einschlägiger Wichtigkeit, führt man sich vor Augen, dass er hierbei hauptsächlich die

¹³⁸⁴ Schmuck 2010, 102–104: Auch Schmuck hält es für möglich, dass Panders Streben nach einer umfassenden Erklärung der Entstehungsprozesse philosophisch motiviert war.

¹³⁸⁵ Pander 1817a, IV.

¹³⁸⁶ Ebd., III–IV: ‚*Die kurze Geschichte meiner, [...], gemachten Untersuchungen, [...], hat vorzüglich den Zweck, jeden einzelnen Theil, von seinem Anfange bis zu seinem vollständigen Daseyn, in seiner Entwicklung darzustellen; da ich in der Inaugural-Abhandlung selbst, die Entwicklung aller Theile, wie sich solche in jeder Stunde veroffenbaren, beschrieben habe. Uebrigens ist weder mit Gegenwärtigem, noch auch mit der vorausgegangenen Abhandlung, eine vollständige, allseitige und vollkommen genügende Geschichte des bebrüteten Eyes bezweckt; vielmehr muß ich bitten, Schrift und Abbildungen nur als Studien anzusehen, woraus sich wohl leichter als vorher ein Ganzes wird gestalten können.*‘

¹³⁸⁷ Ebd., 30.

¹³⁸⁸ Ebd., 30–31.

¹³⁸⁹ Schmitt 2005, 3.

ersten fünf Tage der Embryonalentwicklung untersuchte.¹³⁹⁰ Gerade dieser absolute Ursprung des organischen Lebens war bislang wenig erforscht, dafür aber umso aufschlussreicher, was die Klärung der Streitfrage zwischen Epigenese und Präformation betraf.¹³⁹¹

Zunächst soll dargestellt werden, wie Pander das Keimblattmodell einführte. Sehr aussagekräftig ist folgender Ausschnitt aus seinen ‚*Beiträgen*‘, in welchem er die Keimscheibe und deren Bedeutung erstmals grundlegend erläuterte: „*Mit der Bildung der Keimhaut ist zugleich die ganze Entwicklung des Hühnchens im Eye begründet, welche von nun an rastlos fortschreitend, nur auf diese sich bezieht; denn was auch immer Merkwürdiges in der Folge sich zutragen mag, so ist es nie für etwas Anders, als eine Metamorphose dieser mit unerschöpflichen Fülle des Bildungstriebes begabten Membran und ihre Blätter anzusehen. Von ihr strahlt das Leben nach allen Richtungen aus; auf sie zieht es sich wieder sich concentrierend zurück.*“¹³⁹² In gerade diesem Passus wird der Einfluss der naturphilosophischen Entwicklungslehre auf Christian Heinrich Pander sehr deutlich. Welche naturphilosophisch geprägten Motive seine Beschreibung der Individualentwicklung beeinflussten, soll folgend erläutert werden.

Wie bereits dargestellt, beeinflusste die Metamorphosenlehre der Pflanzen, wie Goethe sie begründete, Schellings Verständnis von der Entstehung der verschiedenen Lebensformen maßgeblich, wobei er das Konzept der Metamorphose, als universell für alle Organismen geltend, ausweitete.¹³⁹³ Bereits Caspar Friedrich Wolff hatte 1764 vor Pander in seiner ‚*Theorie der Generation*‘ den Ansatz, die Entstehung des Lebens

¹³⁹⁰ Ebd., 3–4.

¹³⁹¹ Ebd., 4., *This germ-layer theory had an important advantage for a supporter of epigenesis: because the early stages were extremely simple, i.e. single membranes, they confirmed both the absence of any preformed embryo in egg and the gradual formation of the animal.*“

¹³⁹² Pander 1817a, 6.

¹³⁹³ Richards 2017, 231.

umfassend und allgemein gültig zu erklären, verfolgt.¹³⁹⁴ Wolff hatte das universell gültige Konzept der Entstehung eines Organismus aus einer blattförmigen Anlage bereits vor Goethe eingeführt,¹³⁹⁵ allerdings nicht so ausführlich dargelegt, wie es der Dichter dann schließlich 1790 in seinem ‚*Versuch, die Metamorphose der Pflanzen zu erklären*‘ tat.¹³⁹⁶

Diese Vorstellung, Entstehung der Flora und Fauna analog zu erklären, adaptierte auch Döllinger. Besonders trat dies in seinem Grundriss von 1804 hervor, in welchem er die Entwicklungsvorgänge, die der menschliche Embryo durchlief, sogar analog zu jenen der Pflanze erläuterte.¹³⁹⁷ Er sprach von den Wurzeln, welcher der Embryo in den Mutterkuchen schlug und beschrieb dabei eigentlich die plazentaren Gefäße. Die menschlichen Hirnentwicklungen deutete er als Blüte, die sich ausbildete.¹³⁹⁸ Neben diesem Ansatz, weitgreifende Analogieschlüsse zwischen Flora und Fauna zu ziehen, was an Wolffs Ausführungen in seiner ‚*Theorie der Generation*‘ erinnerte,¹³⁹⁹ fanden sich in Döllingers Thesen auch Goethes Metamorphosenkonzept wieder. Metamorphose war hierbei ebenso die grundlegende Idee, welche die morphologische Ausgestaltung aller organischen Körper zu erklären vermochte. ‚*Das Periodische bezogen auf die*

¹³⁹⁴ Schmuck 2010, 34: „Wolff situierte seine Epigenesis-Lehre [Theorie der Generation] weniger als neue Disziplin zwischen Anatomie und Physiologie als vielmehr auf einer Metaebene, die die Begründungszusammenhänge für eine Unzahl von wissenschaftlichen Erkenntnissen liefern konnte. Eine Entwicklungstheorie, die diesen Namen verdiente, war nicht nur Wissenschaft und Philosophie zugleich, sie war auch eine Begründungsdisziplin für Medizin und Naturwissenschaften, vor allem für Anatomie und Physiologie, aber auch für Zoologie und Botanik.“

¹³⁹⁵ Roe 1979, 6–9: In seiner ‚*Theoria generationis*‘, die in Latein erstmalig 1759 erschien, sah Wolff die ‚*vis essentialis*‘ als ursächlich für die Entstehung der Flora und Fauna verantwortlich und beschrieb sie daher auch analogisierend.

¹³⁹⁶ Jahn 2004a, 278: Goethe würdigte dies auch und bemerkte deutlich, dass Wolff bereits vor ihm solche Gedanken verfolgt hatte.

¹³⁹⁷ Döllinger 1805, 27–35: Unter dem Untertitel ‚*Von den Erscheinungen des Pflanzenlebens*‘ vermischte Döllinger grundlegende Erklärungsansätze für die Entstehung organischer Formen aus den Bereichen der Flora und Fauna.

¹³⁹⁸ Ebd., 310.

¹³⁹⁹ Roe 1979, 6–9: Vgl. hierzu Wolffs Darlegungen, wie alle organischen Formen einheitlich durch die ‚*vis essentialis*‘ in ihrer Bildung ursächlich erklärt werden können

Bildung ist die Metamorphose. ¹⁴⁰⁰ So erläuterte Döllinger die Veränderung der äußeren Erscheinung eines Organismus, welche jener mit der Zeit durchlief.

Obgleich Pander zwar den Begriff des Blatts verwendete, so blieb seine Beschreibung hier sachlich. In seinen Ausführungen blieb er wissenschaftlich darauf begrenzt, anhand dieses Terminus sein Konzept der Keimblätter zu beschreiben. Profane Analogieschlüsse zur Entwicklung der Pflanzen, wie sie Wolff und Döllinger durchgeführt hatten, fehlen bei Pander völlig. Betrachtet man vergleichend zu diesem naturphilosophischen, ganzheitlichen Erklärungsansatz die zentrale Aussage Panders, welche den absoluten Beginn der Embryonalentwicklung des Huhns zu erklären sucht, genauer, so fällt auf, dass er die verschiedenen, morphologischen Veränderungen, welche folgten, durchaus im Sinne von Goethes Metamorphosenlehre verstand. ¹⁴⁰¹

Zunächst führte Pander die Bildung der Keimhaut ein, worin sich erneut der Einfluss Goethes Verständnis von Metamorphose zeigte: *„Es besteht also der Hahnentritt aus zwei, sowohl an Form, als auch, wie wir späterhin sehen werden, Entwicklungsfähigkeit sehr verschiedenen Theilen, erstens aus der runden Scheibe, in und aus welcher der Fötus sich bildet, und welche daher auf den Namen Keimhaut mit Recht Anspruch machen kann; [...] denn was auch immer Merkwürdiges in der Folge sich zutragen mag, so ist es nie für etwas Anders, als eine Metamorphose dieser mit unerschöpflicher*

¹⁴⁰⁰ Döllinger 1805, 27.

¹⁴⁰¹ Schmitt 2005, 6: Schmitt interpretiert den Einfluss, welchen Goethes Metamorphosenlehre auf Panders embryologische und vergleichende, osteologische Arbeiten nahm, wie folgt: *„Pander already knew Goethe’s theory when he began his study on development and the term ‘metamorphosis’ appears in his dissertation’s title as well as in the German text [gemeint sind Panders ‘Beiträge’ und seine ‘Dissertatio’]. There is no doubt that this word was connected to Goethe’s name and work, since d’Alton personally knew the poet. In his Comparative Osteology Pander referred to Goethe’s osteological work on several occasions and he saw metamorphosis as the most important innovation in comparative anatomy and physiology. He applied this concept to the animal development: ‘In the History of the development of chicken in egg, [...] we clearly recognized and revealed, by the formation of the membranes, the metamorphosis of simple forms into the most diverse systems of the organism.’”*

Fülle des Bildungstriebes begabten Membran [Keimhaut] und ihrer Blätter anzusehen.“¹⁴⁰²

Die Keimhaut stellte hierbei das Urblatt dar, aus welchem der Körper des Huhns entstand.¹⁴⁰³ Dabei setzte Panders Erklärungsmodell der Entwicklung allumfassend, im Sinne der Naturphilosophie, an.¹⁴⁰⁴ Die Keimhaut war der zentrale Ausgangspunkt der Entstehung, von welcher sich alle einzelnen Schritte ableiteten. Pander führte den Begriff der „*Delamination*“¹⁴⁰⁵ ein, sodass es ihm möglich war, sein Konzept der Ganzheit durch die Aufspaltung einer einzelnen Schicht in drei Teile zu erklären.¹⁴⁰⁶ Schmitt schloss aus dieser folgenreichen These Panders, dass eben der Embryo selbst die einfache Membran war. Hiermit hatte Pander entscheidende Argumente im Sinne der Epigenese geliefert.¹⁴⁰⁷ Aus der Keimhaut, dem Urblatt, bildeten sich drei Blätter, welche jeweils eigenständige, morphologische Veränderungen durchliefen.¹⁴⁰⁸ Pander beschrieb die einzelnen Veränderungen der Membranen, wobei er gleichzeitig die Gemeinschaftlichkeit in der Entwicklung dieser drei Häute betonte: *„Eigentlich beginnt in jeder dieser drei Schichten eine eigene Metamorphose, und jede eilt ihrem Ziele entgegen; allein es ist jede noch nicht selbständig genug, um allein das darzustellen, wo sie bestimmt ist; sie bedarf noch der Hülfe ihrer Gefährtinnen und daher wirken alle drey, obgleich schon zu verschiedenen Zwecken bestimmt, dennoch, bis jede eine bestimmte Höhe*

¹⁴⁰² Pander 1817a, 4–6.

¹⁴⁰³ Schmuck 2010, 106–107: Vgl. hierzu auch die Analyse Schmucks, wie Pander den Begriff des Blatts im Zusammenhang mit seiner Keimblatttheorie gebrauchte.

¹⁴⁰⁴ Ebd., 102–104.

¹⁴⁰⁵ Schmitt 2005, 4.

¹⁴⁰⁶ Ebd., 4: Pander führte den Begriff der *Delamination* ein, sodass es ihm möglich war, sein Konzept der Ganzheit durch die Aufspaltung einer einzelnen Schicht in drei Teile zu erklären.

¹⁴⁰⁷ Ebd., 4 *„Thus Pander realized that the embryo is the membrane itself. This idea was probably the most daring one in his books and he emphasized it on many occasions.; movements are initiated by active living matter without the intervention of an external principle. This germ-layer theory had an important advantage for a supporter of epigenesis: because the early stages were extremely simple, i.e. single membranes, they confirmed both the absence of any preformed embryo in egg and the gradual formation of the animal.”*

¹⁴⁰⁸ Schmuck 2010, 107–108.

erreicht hat, gemeinschaftlich zusammen.“¹⁴⁰⁹ Schmuck erkannte gerade in diesem Passus aus Panders ‚*Beiträgen*‘ erneut das Konzept der Ganzheit, indem Pander die Keimhaut als absolute Grundlage für alle weiteren morphologischen Veränderungen setzt, welche dann schließlich im gemeinsamen Ziel enden, nämlich darin, den Körper des Embryos zu formen.¹⁴¹⁰ Nach Panders Verständnis waren diese einzelnen Bildungsprozesse nicht als getrennt zu betrachten. Hieraus folgt, dass sich die alle einzelnen Schritte der Entstehung des Embryos auf eine einzige, blattförmige Anlage zurückführen ließen. Vermochte jedes Stadium für sich betrachtet als morphologisch einzigartig erscheinen, so bildeten alle zusammengenommen am Ende einen vollständigen Organismus, welcher aus einem gemeinsamen Ursprung entstand.

Pander baute dieses grundlegende, ganzheitliche Konzept, dass der Embryo selbst durch die Aufspaltung einer einzelnen Membran entstand, noch differenzierter aus: „*Die gesamte Darstellungen des lebenden Thiers und seiner Theile aus der Keimhaut lassen sich alle auf zwei Momente zurückführen: entweder es entwickeln sich an ihr die bedeutungsvollen Keime des Blut- und Nerven-Systems, als die beiden Systeme, durch welche der individuel werdende Lebensproceß fortgeführt werden soll, oder sie selbst bildet allein durch den einfachen Mechanismus des Faltens den Leib und die Eingeweide des Thiers.*“¹⁴¹¹ Nachdem die ursprüngliche Keimmembran sich in drei Schichten aufgespalten hatte, falteten sich die so entstandenen Schichten. Durch diese Abfaltung wiederum bildete sich der Körper des Embryos,¹⁴¹² welcher weitere Schritte der Metamorphose durchlief, um so differenziertere Organgewebe zu bilden.

Insgesamt formulierte Pander drei grundlegende Thesen, wie die Embryonalentwicklung des Huhns zu erklären war. Seine erste grundlegende Erkenntnis war, dass

¹⁴⁰⁹ Pander 1817a, 12.

¹⁴¹⁰ Schmuck 2010, 108.

¹⁴¹¹ Pander 1817a, 6–7.

¹⁴¹² Schmitt 2005, 4: „*Pander also introduced another important notion: folding, which made it possible to understand how the three-dimensional organism was formed from two-dimensional layers.*“

sich die gesamte Entstehung des embryonalen Körpers auf ursprünglich auf die singuläre Keimscheibe zurückführen ließ.¹⁴¹³ Als nächsten Schritt erkannte er, dass dieses ursprüngliche Keimblatt sich in drei Schichten unterteilte.¹⁴¹⁴ Er vollendete sein Keimblattkonzept mit seiner dritten, ausschlaggebenden These. Hiernach bildeten diese drei Schichten durch Abfaltung die Körperhöhlen und primitiven Organanlagen des Embryos.¹⁴¹⁵ Anhand dieser drei grundlegenden Ansätze erläuterte Pander die Embryonalentwicklung des Huhns und bestärkte dadurch eine epigenetische Sichtweise der Ausbildung des Organismus.¹⁴¹⁶

Den Bildungstrieb sah Pander hierbei als ursächliche, treibende Kraft dieser morphologischen Veränderungen an. Hierbei war der Bildungstrieb bereits in der Materie enthalten.¹⁴¹⁷ Neben Schelling, Wolff und Döllinger nahm er ebenso auf Blumenbachs Lehre vom Bildungstrieb Bezug, wenngleich er den Begriff hier schon differenzierter und beschränkter anwandte, als ihn Blumenbach selbst gedacht hatte. Für Blumenbach war der Bildungstrieb eine universell gültige Lebenskraft, welche tatsächlich für alle Entstehungsprozesse der belebten Natur verantwortlich war, also sowohl für die Individualentwicklung, als auch für die Entstehung der verschiedenen Lebensformen.¹⁴¹⁸ Pander hingegen beschränkte sich hier klar auf die These, dass der Bildungstrieb an sich bloß in der Keimhaut verankert sei. Hier könnte Döllingers differenzierte Betrachtung der Ontogenese und Phylogenese Pander dazu angeregt haben, den Bildungstrieb allein als treibende Kraft der Individualentwicklung zu sehen,¹⁴¹⁹ während

¹⁴¹³ Schmuck 2010, 106.

¹⁴¹⁴ Schmitt 2005, 4.

¹⁴¹⁵ Ebd.

¹⁴¹⁶ Ebd.

¹⁴¹⁷ Pander 1817a, 6: „[...] denn was auch immer Merkwürdiges in der Folge sich zutragen mag, so ist es nie für etwas Anders, als eine Metamorphose dieser mit unerschöpflicher Fülle des Bildungstriebes begabten Membran und ihrer Blätter anzusehen.“

¹⁴¹⁸ Mc Laughlin 1982, 358.

¹⁴¹⁹ Döllinger 1805, 147: Döllinger sah den Bildungstrieb alleine für die Individualentwicklung als ursächlich an: „Nämlich weil der Bildungstrieb, was er gestalte, notwendig als Individuum setzt, so sind auch alle seine fernern Wirkungen jederzeit an das Individuelle geknüpft [...].“

die Ursache der Entstehung der Arten anderweitig zu suchen war.¹⁴²⁰ Dies bestärkt nur Panders Vorwort seiner ‚*Beiträge*‘, wo er bereits vorab bekräftigte, dass diese Studien am einzelnen Organismus nicht dazu in der Lage waren, „*eine vollständige, allseitige und vollkommen genügende Geschichte*“¹⁴²¹ aufzustellen, welche vermochte, umfassende, entwicklungsgeschichtliche Fragestellungen metaphysisch zu beantworten.

Dennoch hatte Pander anhand seiner Beschreibung „*physiologische Ideen*“¹⁴²², wie den Begriff des Keimblatts, des Bildungstrieb und das Konzept der Metamorphose, in sein Werk eingearbeitet. Der Einfluss Goethes Metamorphosekonzepts tritt in seinen Ausführungen klar hervor.¹⁴²³ Auch in der Motivation Panders, die Entstehung des Lebens umfassend zu erforschen, um sie in einem ganzheitlichen Ansatz verstehen zu können, deutet sich ein naturphilosophisch geprägtes Verständnis von Entwicklung an. Hier spielt sicher Döllingers naturphilosophisch verwurzelte Motivation, auf der seiner eigenen, embryologischen Forschungen basierten, eine große Rolle. Das Streben nach einem ganzheitlichen Erklärungsansatz, der Ontogenese und Phylogenese erfasste, gab er folglich an seinen Schüler Pander weiter. Pander gelang es hierdurch, die Embryonalentwicklung des Huhns völlig im Sinn der Epigenese zu erklären und dabei über die ersten fünf Tage so fundierte, neue Erkenntnisse zu gewinnen, wie es keinem Forscher vor ihm möglich gewesen war.¹⁴²⁴ Warum also sah Pander selbst seine Arbeit immer noch als ungenügend an? Was fehlte ihm zu der, von ihm geforderten, „*vollkommen genügenden Geschichte*“¹⁴²⁵?

¹⁴²⁰ Ebd., 141–146: S. hier zu Döllingers Erörterung der Frage, inwiefern nun die Entstehung der Arten und die Entstehung des Individuums differenziert zu erklären waren.

¹⁴²¹ Pander 1817a, IV.

¹⁴²² Pander 1817a, 30.

¹⁴²³ Schmuck 2010, 89–90.

¹⁴²⁴ Schmitt 2005, 3–4.

¹⁴²⁵ Pander 1817a, IV.

Betrachtet man das Vorwort seiner Kupfertafeln, so sah Pander zum einen seine Untersuchungen rein wissenschaftlich als noch ausbaufähig an.¹⁴²⁶ In der Tat wies Panders Arbeit, rein wissenschaftlich betrachtet, einige Mängel auf, die bereits unter der Analyse seiner Ergebnisse aufgezeigt worden sind. Besonders die Entstehung des Herzens und des Zentralen Nervensystems zeigen hier deutliche Mängel. Pander selbst schrieb, dass es ihm nicht gelungen war, die Bildung des Darmkanals zufriedenstellend nachzuvollziehen,¹⁴²⁷ wengleich er aus heutiger Sicht bei seiner Beschreibung hier erhebliche Fortschritte zu Wolff vollbrachte.¹⁴²⁸ In der Tat sollte sich Pander noch bis zum Jahr 1829, also über ein Jahrzehnt lang, mit der Embryologie des Huhns beschäftigen.¹⁴²⁹ Dennoch veröffentlichte er, im Gegensatz zu seinem Studienfreund Karl Ernst von Baer, nie wieder ein umfassendes Werk hierüber.¹⁴³⁰ Karl Ernst von Baer also fiel die Rolle zu, durch neue und umfassendere Studien die Ergebnisse Panders zu korrigieren und auszubauen.¹⁴³¹

Außerdem fehlte es Pander zu einer zufriedenstellenden Arbeit, entwicklungsge-
schichtlicher Fragestellungen an sich zu untersuchen, sodass auch die Entstehung der
Arten hierbei berücksichtigt wurde. Zwar legte er sich in der Darlegung seiner Keim-
blatttheorie auf eine epigenetische Sichtweise fest, doch eine Einordnung der Individua-
lentwicklung in die ganzheitlich orientierte Frage nach der Entstehung des Lebens
führte Pander nicht durch: „[...] so haben wir uns auch aller Berichtigungen und
Schlüsse enthalten, die aus den Resultaten unsrer Untersuchungen herzuleiten gewesen

¹⁴²⁶ Ebd., 30: „Wir verschieben lieber die weitere wissenschaftliche Ausbildung der aus unseren Beobachtungen hervorgehenden physiologischen Ideen auf eine künftige Zeit, wo wir sie bey günstiger Muse an neue vollständigere Versuche anzuknüpfen gedenken.“

¹⁴²⁷ Pander 1817a, 22: „Wir müssen aufrichtig bekennen, daß unsere Untersuchungen uns nicht in den Stand gesetzt haben, deutlich die Entstehung des Darmkanals von Anfange an bis zur vollendeten Ausbildung so genau zu verfolgen, als es nöthig ist, [...]“

¹⁴²⁸ Adelman 1966c, 1702–1703.

¹⁴²⁹ Schmuck 2010, 97.

¹⁴³⁰ Knorre 1973, 99: In einem Brief an Baer vom 23.07.1827 schrieb Pander, dass er zusammen mit D’Alton und Döllinger plante, eine erneute Abhandlung über die Hühnerembryologie zu veröffentlichen, welche allerdings nie erschien.

¹⁴³¹ Schmitt 2005, 4.

wären, und uns leicht zu mancher neuen Theorie Anlaß geben könnten. Wir verschieben lieber die weitere wissenschaftliche Ausbildung der aus unseren Beobachtungen hervorgehenden physiologischen Ideen auf eine künftige Zeit, wo wir sie bey günstiger Muse an neue vollständigere Versuche anzuknüpfen gedenken.“¹⁴³² Folglich strebte Pander, als Schüler Döllingers, nach einer umfassenden Erklärung entstellungsgeschichtlicher Fragestellungen. Hatte er sich in seinem embryologischen Erstwerk noch auf die Darlegung deskriptiver Fakten konzentriert und bewusst „*physiologische Deutungen*“¹⁴³³ außenvorgelesen, so betonte er dennoch, dass dies nicht genügen konnte, um Entwicklung an sich zu verstehen.¹⁴³⁴ Es ist, wie schon unter dem Punkt der Embryonalentwicklung gezeigt, naheliegend, dass der rege Austausch zwischen Pander, D’Alton und Döllinger in ihrer gemeinsamen Zeit, beginnend im Sommer 1816, die beiden aufstrebenden Naturforscher dazu anregte, ihre entwicklungsgeschichtlichen Forschungen zu vertiefen. D’Alton hatte sich vor dem gemeinsamen Projekt noch nie mit derartigen, naturwissenschaftlichen Fragen befasst.¹⁴³⁵ Pander hingegen hatte zwar bereits vier Jahre Medizin Studium hinter sich, war aber mit seinen 22 Jahren erst am Anfang seiner Forscherkarriere, die er dank Ignaz Döllingers Unterstützung so glorreich in Würzburg hatte begründen können.¹⁴³⁶ Inspiriert durch den Austausch mit seinem Mentor, ist es insgesamt wahrscheinlich, dass Panders embryologische Forschungsergebnisse, zusammengekommen mit seinen vergleichenden, osteologischen Forschungen, ein ganzheitliches Bild der Entwicklungsgeschichte darstellen sollten.

¹⁴³² Pander 1817a, 31.

¹⁴³³ Pander 1817a, 29.

¹⁴³⁴ Ebd., 30: „*Wir verschieben lieber die weitere wissenschaftliche Ausbildung der aus unseren Beobachtungen hervorgehenden physiologischen Ideen auf eine künftige Zeit, wo wir sie bey günstiger Muse an neue vollständigere Versuche anzuknüpfen gedenken.*“

¹⁴³⁵ Baer 1866, 196.

¹⁴³⁶ Rajkov 1984, 16.

b. Ausblick auf Panders Verständnis von der Entstehung der Arten in seinen Studien der Vergleichenden Osteologie gemeinsam mit D'Alton

Um über die Individualentwicklung hinaus eine vollständige wissenschaftliche Erforschung der Entstehung des Lebens durchzuführen, begaben sich Pander und D'Alton, unmittelbar nach Abschluss von Panders Promotion, auf eine Studienreise durch Europa. Hier sollten sie die Skelette verschiedener Tierarten untersuchen, um so durch vergleichende, osteologische Studien wissenschaftliche Schlussfolgerungen zur Entstehung der Arten treffen zu können. In der Tat machte sich Pander gemeinsam mit D'Alton im Jahr 1818 auf den Weg nach Madrid, wo sie das Skelett des Megatheriums, einer ausgestorbenen Faultierart, untersuchten.¹⁴³⁷

Hierbei strebten beide Forscher an, der Erklärung für die Entstehung der verschiedenen Lebensformen näher zu kommen, welche Pander für das vollständige Verständnis entwicklungsgeschichtlicher Fragestellungen, Embryonalentwicklung miteinbezogen, voraussetzte. Diese Forderung Panders, die Entstehung der Arten mit in sein Erklärungsmodell zu integrieren, soll im nächsten Punkt analysiert werden.¹⁴³⁸

Wie Pander und D'Alton bei ihren vergleichenden, osteologischen Studien vorgehen und welche Schlüsse sie hieraus zogen, soll kurz dargestellt werden. Das gemeinsame Projekt der beiden Forscher begann im Jahr 1818, wobei sie zunächst Westeuropa bereisten. Anschließend, im Jahr 1820 begaben sie sich nach Buchara in Mittelasien, um von dort 1821 zurückzukehren.¹⁴³⁹ Seine gemeinsamen Forschungen mit D'Alton zur Entstehung der Arten basierten auf der wissenschaftlichen und empirischen Analyse der Anatomie rezenter Tierarten.¹⁴⁴⁰ Hierbei studierten sie gemeinsam den

¹⁴³⁷ Schmuck 2010, 89–92.

¹⁴³⁸ Schmitt 2005, 4–7: S. hierzu vor allem Schmitts Aufsatz, welcher Panders philosophische Einflüsse in seinen entwicklungsgeschichtlichen Arbeiten aufarbeitet.

¹⁴³⁹ Schmuck 2011, 371.

¹⁴⁴⁰ Ebd., 369.

Skelettbau verschiedener Tierarten, um ihre Ergebnisse anschließend in dem 14bändigen Werk ‚*Vergleichende Osteologie*‘ zu veröffentlichen, welches von 1821 bis 1838 erschien.¹⁴⁴¹

Indem Pander und D’Alton die Skelette aktuell vorkommender Tierarten mit bereits ausgestorbenen verglichen, stellte Pander seine These auf, dass man hierdurch viele Fakten über die Veränderungen des Körperbaus der Tiere feststellen konnte. Hieraus konnte man auf eine permanente Veränderung des Erdlebens schließen.¹⁴⁴² Diese These belegte Pander anhand seiner ersten osteologischen Studie des Megatheriums, eine bereits ausgestorbene Faultierart, welche er mit rezenten Faultierarten verglich. Die Schlussfolgerung dieser Untersuchung erlaubte es Pander, von einer ‚*ununterbrochenen Folge der Abstammung*‘¹⁴⁴³ zu sprechen, aus welcher sich lebende Arten von bereits Ausgestorbenen ableiten ließen. Pander forderte hiernach, dass man das Megatherium, analog zur gemeinsamen Abstammung der Faultiere, besser ‚*Bradypus giganteus*‘ nennen sollte.¹⁴⁴⁴

Diese Veränderlichkeit der Arten erklärte Pander ebenso mit dem Begriff der Metamorphose. Hier zeigt sich die ausschlaggebende Verbindung zwischen den Bereichen der Ontogenese und Phylogenese ins Spiel, die Pander in seinem philosophisch motivierten Streben, Entwicklungsgeschichte allumfassend zu verstehen, voraussetzte. Indem Pander Goethes ideell geprägten Begriff der Metamorphose adaptierte, konnte er beide Prozesse, sowohl Individualentwicklung als auch die Entstehung der Arten, anhand der Vorstellung einer schrittweisen Bildung zu einer neuen, organischen Lebensform erklären.¹⁴⁴⁵

¹⁴⁴¹ Ebd.

¹⁴⁴² Schmitt 2005, 6.

¹⁴⁴³ Ebd., 5; Pander 1821, 5; zitiert nach Schmitt

¹⁴⁴⁴ Ebd.

¹⁴⁴⁵ Ebd., 6.

Pander hatte sein Verständnis der Keimblatttheorie auf dem Metamorphosenkonzept Goethes aufgebaut. Nicht nur in seiner embryologischen Arbeit war dies die Erklärung für die Bildung der Gestalt des Embryos. Er erweiterte die Anwendung des Begriffs Metamorphose universell erklärend auch auf seine Forschungen in der Vergleichenden Anatomie.¹⁴⁴⁶ Dies ist ein zentraler Punkt, den es bei der Deutung von Panders Verständnis der Embryonalentwicklung zu berücksichtigen gilt. Betrachtet man nämlich seine embryologischen Arbeiten, zusammengenommen mit seinen vergleichenden, osteologischen Studien, so wird der philosophische Einfluss, welcher Pander zu entwicklungsgeschichtlichen Studien anregte, deutlich. Sehr treffend arbeitete Schmitt diesen zentralen Aspekt in Panders entwicklungsgeschichtlicher Denkweise heraus: „*For Pander, the demonstration of transformism was not an end in itself. The variation of species was only an aspect of a far more general natural law, which also governed the development of the hens egg. In order to identify this fundamental principle, he appealed to Goethe's Metamorphosis.*” Im Vorwort des Bandes ‚*Das Riesenfaulthier*‘ arbeitete Pander schließlich explizit die Bedeutung der Metamorphose für ein ganzheitliches Entwicklungsverständnis heraus. Hiernach war die Bildung des Hühnerembryos aus dem einfachen Keimblatt genauso durch den Prozess der Metamorphose zu erklären, wie die Entstehung verschiedenen Tierarten.¹⁴⁴⁷¹⁴⁴⁸

Pander gelang es abschließend, ein neues Konzept in die Erforschung der Entstehung des Lebens einzuführen. Neben großen Fortschritten, welche er im Sinn der Epigenese in der Embryonalentwicklung begründete, lieferte er mit seinem Konzept des „*Transformismus*“¹⁴⁴⁹ einen entwicklungsgeschichtlichen Erklärungsansatz, welcher

¹⁴⁴⁶ Ebd.

¹⁴⁴⁷ Ebd., 6–7.

¹⁴⁴⁸ Ebd., 6.

¹⁴⁴⁹ Ebd., 5: Pander leitete die Idee des Transformismus aus der fortwährenden Metamorphose der organischen Körper ab.

weit über die Grenzen des Individuums hinausreichte.¹⁴⁵⁰ Ganz im Sinne seines Lehrers Döllingers war es Pander durch seine vielfältigen, entwicklungsgeschichtlichen Forschungen abschließend gelungen, ein Konzept aufzustellen, welches vermochte, Entstehungsgeschichte umfassend und philosophisch begründet zu erklären. Wie auch schon seine erste Arbeit zur Embryonalentwicklung des Huhns, so war auch die ‚*Vergleichende Osteologie*‘ Panders und D’Altons ein großer, wissenschaftlicher Erfolg.¹⁴⁵¹

¹⁴⁵⁰ Ebd., 7. Prägnant findet sich diese These Panders bei Schmitt zusammengefasst: „*In that respect, epigenetic embryology gave a very concrete representation of the dynamism of living matter which could apply both to species and to individuals.*“

¹⁴⁵¹ Ebd.: Zusammengefasst ebnete Pander mit seiner transformistischen Theorie zur Entstehung der Arten weiteren Forschungen den Weg, welche von einer permanenten Veränderlichkeit der organischen Materie ausgingen: „*Given the philosophical and cultural context at that time, at least in Germany, and the success of such ideas as correspondence between organisms and the universe, it seems inevitable that this view would lead to the hypothesis of a general transformation of the living world.*“

V. Christian Heinrich Panders und Karl Ernst von Baers Beziehung in Bezug auf die Erforschung der Embryologie

Karl Ernst von Baer wurde am 17.02.1792 in Estland auf dem Rittergut ‚Piep‘ geboren. Sein Vater war Johann Magnus von Baer, der einem deutschen Adelsgeschlecht entstammte,¹⁴⁵² das jedoch schon lange im Baltikum lebte. Nachdem er die Ritter- und Dom-Schule in Reval besucht hatte, begann er 1810 ein Medizinstudium in Dorpat.¹⁴⁵³ 1814 beendete er sein dortiges Studium mit der Promotion. Schließlich machte er sich auf den Weg nach Wien, um sich weiter den Naturwissenschaften statt der Medizin zu widmen und kam schließlich 1815 in Würzburg an, wo er bei Ignaz Döllinger privat bis zum Herbst 1816 in Vergleichender Anatomie unterrichtet wurde.¹⁴⁵⁴ Anschließend begab sich Baer im Herbst 1816 zu Fuß nach Berlin, um sein Studium dort fortzusetzen.¹⁴⁵⁵

Im Juli 1817 wurde er als Prosektor der Anatomischen Anstalt zu Königsberg berufen, wo er fortan seinen wissenschaftlichen Tätigkeiten nachgehen sollte.¹⁴⁵⁶ Karl Ernst von Baer kennt man heute auch unter dem Namen ‚Vater der Embryologie‘¹⁴⁵⁷, da seine Entdeckung des Säugetiereis die lang geführte Debatte um den Ursprung des Lebens beantwortete. Er starb schließlich am 16. November 1876 in Dorpat.¹⁴⁵⁸

Karl Ernst von Baer ist in der Entstehung von Panders Dissertation sicher eine besondere Rolle zuzuordnen, da er Pander zu seiner Reise nach Würzburg bewegte. Gemeinsam studierten sie von 1812 bis 1814 Medizin in Dorpat und freundeten sich an.¹⁴⁵⁹

¹⁴⁵² Kohl 1992, 1.

¹⁴⁵³ Rajkov 1968, 23.

¹⁴⁵⁴ Ebd., 423.

¹⁴⁵⁵ Ebd., 39.

¹⁴⁵⁶ Ebd., 423.

¹⁴⁵⁷ Kohl 1992, 1.

¹⁴⁵⁸ Rajkov 1968, 425.

¹⁴⁵⁹ Rajkov 1984, 16.

Später sollten sie in Würzburg in Ignaz Döllinger einen persönlichen Lehrer für die Ausbildung in der Vergleichenden Anatomie finden.

Daher ist es unverzichtbar, die Verbindung beider Freunde und wissenschaftlicher Kollegen näher zu betrachten. Verschiedene, schriftliche Quellen können hier Aufschluss über die Beziehung der beiden Embryologieforscher geben. In Karl Ernst von Baers Widmung seines Werks *„Entwicklungsgeschichte der Thiere“* ist eine kurze Beschreibung über die Umstände zu finden, wie die Dissertation Panders tatsächlich zu Stande kam.¹⁴⁶⁰ Ausführlicher griff Baer die gemeinsame Zeit in Würzburg bei Döllinger in seiner Autobiographie auf, worauf in der heutigen Sekundärliteratur über Pander immer wieder zurückgegriffen wird.¹⁴⁶¹ Zusätzlich hierzu finden sich in Baers Jugendbriefen an Waldemar von Ditmar Beschreibungen darüber, wie Panders Arbeit in ihren Anfängen ablief.¹⁴⁶² Auch der Briefwechsel zwischen Christian Heinrich Pander und Karl Ernst von Baer selbst ist erhalten, worauf hier ein Schwerpunkt gelegt werden soll.¹⁴⁶³

Beide studierten ab 1812 gemeinsam Medizin in Dorpat, wobei Baer bereits 1810 sein Studium aufnahm. In seiner Autobiographie beschrieb Baer sehr lebhaft die Studienverhältnisse, die damals an der Universität herrschten. Dorpat war eine recht neu begründete Universität mit sehr durchwachsener Besetzung der Lehrstühle.¹⁴⁶⁴ Das Lehrangebot beinhaltete unter anderem Vorlesungen über Physik bei Parrot, Botanik bei Ledebour und Physiologie bei Burdach.¹⁴⁶⁵ Während Karl Ernst von Baer Burdachs

¹⁴⁶⁰ Baer 1828, VI: „Auf einer solchen Wanderung nach Sickershausen war es, wo Döllinger, als wir über den kleinen Steg gingen, der, von dem Wege aus Kitzingen nach Mainbernheim ab, gegen Sickershausen leitet, den Wunsch äußerte, daß ein junger Naturforscher unter seinen Augen, eine neue Reihe von Untersuchungen über die Entwicklung des Hühnchens anstellte, und hinzufügte, er hoffe, daß sich wichtige Resultate ergeben würden. [...] Zum bessern Glücke für die Wissenschaft warst Du in der Nähe und Du faßtest den Gedanken mit Wärme auf, der in Sickershausen zu einem festen Plane sich gestaltete.“

¹⁴⁶¹ Baer 1866, 165–204.

¹⁴⁶² Schröder 1893.

¹⁴⁶³ Knorre 1973, 89–116.

¹⁴⁶⁴ Baer 1866, 109.

¹⁴⁶⁵ Rajkov 1984.

Vorlesung lobte und tieferes Interesse zeigte, bemängelte er Professor Cichorius sehr theoretische und schlecht dargestellte Vorlesung über Anatomie.¹⁴⁶⁶ Die Vorlesung bestand hauptsächlich aus den didaktisch schlecht aufgebauten, umständlich vorgetragenen Beschreibungen anatomischer Strukturen. Daher kann man Baers und auch Panders Motivation, sich anderswo in einem solch zentralen Fach der Medizin besser ausbilden zu lassen, gut nachvollziehen. Auch der praktische Unterricht am Krankenbett und die Arzneimittellehre wirkten eher abschreckend, sodass sowohl Baer als auch Pander dem ursprünglich angefangenen Medizinstudium den Rücken kehrten und sich auf die Reise machten, neue wissenschaftliche Erkenntnisse bei besser aufgestellten Universitäten zu erlangen. Was Pander betraf, so meinte sein Studienfreund Baer, dass dieser das Medizinstudium auch auf Drängen seines Vaters aufgab.¹⁴⁶⁷ Pander reiste bereits im Jahr 1814 nach Berlin,¹⁴⁶⁸ einige Semester später ging er nach Göttingen.¹⁴⁶⁹

Baer kam 1815 in Würzburg an, in der Hoffnung bei Döllinger Vergleichende Anatomie zu hören.¹⁴⁷⁰ Da Baer aber im Winter ankam und der Würzburger Professor die Vorlesung zur Vergleichenden Anatomie nur im Sommersemester hielt, war dies dem jungen Studenten zunächst nicht gewährt. Stattdessen bot Döllinger allerdings dem aufstrebenden Naturwissenschaftler an, bei ihm privat praktische, vergleichende, anatomische Studien durchzuführen.¹⁴⁷¹ Der junge Karl Ernst von Baer nahm dieses Angebot gerne an, konnte er sich doch unter Cichorius Vorlesung nie einen praktischen Bezug zur angewandten Anatomie vorstellen. In seinem Schreiben machte er deutlich, mit welcher Hingabe er sich dem Erlernen des systematischen Sezierens, Beobachten und Erlernen der Anatomie verschiedener Tierarten widmete. Neben Döllingers praktischer

¹⁴⁶⁶ Baer 1866, 118–131

¹⁴⁶⁷ Ebd., 195.

¹⁴⁶⁸ Rajkov 1984, 16.

¹⁴⁶⁹ Ebd.

¹⁴⁷⁰ Baer 1866, 167.

¹⁴⁷¹ Ebd.

Anleitung, wurde Baer von seinem Lehrer auf Cuviers Werk , *Vergleichende Anatomie* ¹⁴⁷² aufmerksam gemacht, welches er sich auch zum Selbststudium kaufte.

Sicher wurde hier die Grundlage für seine späteren Arbeiten auf dem Bereich der Entwicklungsbiologie und Anatomie gelegt, schließlich war die persönliche Betreuung durch den erfahrenen Anatom Ignaz Döllinger eine einmalige Gelegenheit für Baer. Welche besondere Stelle Döllinger als anleitende und unterstützende Lehrperson, auch später für Christian Heinrich Pander, war, wird in folgendem Abschnitt von Baers Autobiographie klar: *„Döllinger war ganz Lehrer. Sich eine ehrenvolle Stellung in der Geschichte der Wissenschaft zu erwerben, schien ihm, wenigstens in der Zeit, in welcher ich ihn kennen lernte, gar nicht am Herzen zu liegen. Wohl aber fühlte er das lebendige Bedürfniss, zu bestimmter Einsicht in den Fächern zu gelangen, welche er betrieb, und wenn er eine Abhandlung herausgab, so folgte er dem Bedürfnisse, das Ergebniss einer Untersuchung oder auch einer philosophischen Betrachtung auch Andern mitzuthemen. Es war also die Belehrung, welche er im Auge hatte, nicht die Geltendmachung seiner Persönlichkeit.“*¹⁴⁷³ Ignaz Döllinger ermöglichte dem jungen, angehenden Wissenschaftler Baer nicht nur eine hervorragende praktische Ausbildung, die er sich so lange in Dorpat vergebens ersehnt hatte, er ließ seinen anvertrauten Studenten generell die Möglichkeit offen, sich frei in ihrem wissenschaftlichen Arbeiten zu entfalten. Außerdem pflegte Döllinger einen persönlichen Umgang mit seinen Studierenden,¹⁴⁷⁴ sodass sich über Döllinger neue Beziehungen mit weiteren, wissenschaftlich Interessierten ergaben, wie zum Beispiel mit Christian Gottfried Daniel Nees von Esenbeck¹⁴⁷⁵ oder was Pander betrifft, später mit Joseph Eduard D’Alton.¹⁴⁷⁶ All diese Eigenschaften

¹⁴⁷² Baer 1866, 169.

¹⁴⁷³ Ebd., 182.

¹⁴⁷⁴ Ebd., 189.

¹⁴⁷⁵ Ebd.

¹⁴⁷⁶ Ebd.

trugen, neben den wissenschaftlichen und methodischen Fähigkeiten Döllingers, sicher zum Erfolg seiner Schüler bei.¹⁴⁷⁷

Nachdem Baer einige Zeit lang Vergleichende Anatomie bei Döllinger daheim im Rückerman studieren durfte, begann sich der Wunsch in ihm zu regen, seine alten Studienfreunde aus Dorpat wieder zu treffen. So lud er im Januar 1816 zu einem gemeinsamen Treffen in Jena ein, wozu auch Christian Heinrich Pander gehörte.¹⁴⁷⁸ Baer betitelte dieses Treffen amüsiert als „*Livono-Curono-Esthono-ruthenischen Congress*“¹⁴⁷⁹, betonte dennoch, dass die Zusammenkunft der Studenten aus keinen politisch motivierten Gründen erfolgte, sondern lediglich aus privatem Interesse.¹⁴⁸⁰ Bedenkt man den historischen Hintergrund, dass ein gutes Jahr später das Wartburgfest in Thüringen bei Eisenach stattfand,¹⁴⁸¹ an dem auch Lorenz Oken, damals schon seit 1807 außerordentlicher Professor für Medizin in Jena,¹⁴⁸² teilnahm, ist dies durchaus als die Erklärung eines neutralen, wenn nicht gar ablehnenden, Standpunkts von Karl Ernst von Baer gegenüber einer politisch motivierten Zusammenkunft zu verstehen. Auch in Christian Heinrich Panders Dissertation und Briefen an Karl Ernst von Baer lässt sich keinerlei politisch motivierte Beschäftigung mit den Naturwissenschaften erkennen, nur der persönliche Drang des Erkennens und Verstehens.

Baer schilderte seinem Jugendfreund Pander die Lehrbedingungen in Würzburg. Da Pander selbst zu diesem Zeitpunkt noch auf Suche nach Möglichkeiten zur Erweiterung seines naturwissenschaftlichen Wissens war, ist es kaum verwunderlich, dass der junge Baer ihn leicht überreden konnte, von Göttingen nach Würzburg zu kommen, um

¹⁴⁷⁷ Schmuck 2010, 60–61: S. auch Schmuck, der mit Recht auf dem Fachgebiet der Embryologie von einer „Döllinger-Schule“ spricht

¹⁴⁷⁸ Baer 1866, 191.

¹⁴⁷⁹ Ebd., 192.

¹⁴⁸⁰ Ebd., 193.

¹⁴⁸¹ Ries 2001, 101.

¹⁴⁸² Ebd., 93.

bei Döllinger Vergleichende Anatomie zu studieren.¹⁴⁸³ Es zeigt sich erneut die Begeisterung von Karl Ernst von Baer über den Unterricht, den er bei Döllinger genoss. Außerdem bezeugt sein Verhalten, dass er schon damals mit Pander eine starke, gemeinsame Verbindung in der Begeisterung für naturwissenschaftliche Forschungsfragen hatte, da er diese großartige Möglichkeit des praktischen Unterrichts bei Döllinger mit seinem Studienfreund offenherzig teilte.

Man kann das Studententreffen in Jena 1816 durchaus als den Anfang einer erfolgreichen Zusammenarbeit sehen, die im Verlauf bahnbrechende, wissenschaftliche Erkenntnisse auf dem Fachgebiet der Embryologie erbrachte. Inwiefern Baer und Pander sich in ihrer Arbeit an der Erforschung der Embryologie gegenseitig unterstützten und austauschten, soll anschließend dargelegt werden.

Nachdem Pander im Juni 1816, ungefähr ein halbes Jahr nach Baer, ebenso in Würzburg angekommen war, begaben sich er, Baer und Döllinger auf ebendiesen gemeinsamen Spaziergang, in dem Döllinger Pander erfolgreich für die Bearbeitung und Kostenübernahme des Forschungsprojekts am Hühnerembryo anwarb: *„Auf einer solchen Wanderung nach Sickershausen war es, wo Döllinger, als wir über den kleinen Steg gingen, der, von dem Wege aus Kitzingen nach Mainbernheim ab, gegen Sickershausen leitet, den Wunsch äußerte, daß ein junger Naturforscher unter seinen Augen, eine neue Reihe von Untersuchungen über die Entwicklung des Hühnchens anstellte, und hinzufügte, er hoffe, daß sich wichtige Resultate ergeben würden. [...] Zum bessern Glücke für die Wissenschaft warst Du in der Nähe und Du faßtest den Gedanken mit Wärme auf, der in Sickershausen zu einem festen Plane sich gestaltete.“*¹⁴⁸⁴ So beschrieb Baer in der Widmung seines Werks *Entwicklungsgeschichte der Tiere*¹⁴⁸⁵ die Umstände, unter denen Pander seine Erforschung unter Döllingers Obhut begann.

¹⁴⁸³ Baer 1866, 191–192.

¹⁴⁸⁴ Baer 1828, VI.

¹⁴⁸⁵ Ebd., 1–10.

Hierbei beantwortete Baer auch die Frage, die sich beim Lesen seiner Schilderungen des Unterrichts bei Döllinger natürlich stellt, selbst. So fragt man sich, warum Baer denn selbst nicht diese Untersuchungen bei Döllinger aufnahm, hatte er doch bereits ein halbes Jahr lang vor Pander Unterricht bei dem vielgebildeten Würzburger Professor genossen. Sowohl in seiner *Entwicklungsgeschichte der Tiere*¹⁴⁸⁶ als auch in seiner Autobiographie,¹⁴⁸⁷ gab Baer an, dass ihm damals zum einen das anhaltende Interesse gefehlt hatte, um derart langatmige Untersuchungen durchzuhalten.¹⁴⁸⁸ Zum anderen lässt sich vermuten, liest man seine Widmung in der Entwicklungsgeschichte durch, dass es ihm damals schlicht und ergreifend finanziell nicht möglich war, das Forschungsprojekt aufzunehmen, hatte Döllinger doch gefordert, dass der Untersucher das Projekt selbst zu finanzieren hatte.¹⁴⁸⁹

Den Sommer über arbeiteten Pander und Baer unter Döllinger zusammen,¹⁴⁹⁰ wobei Baer eher passiver, dennoch interessierter, Beobachter des mühsamen Beginns der Untersuchungen am Hühnerembryo war. Er bekundete ausdrücklich sein Interesse, wie aus einer blattförmigen Anlage ein dreidimensionales Lebewesen entstehen konnte, räumte aber gleichzeitig ein, dass es ihm damals an Verständnis, sowohl für Caspar Friedrich Wolffs Arbeit, als auch für Panders Untersuchungen, mangelte.¹⁴⁹¹ Baer erläuterte ebenso, dass Pander wohl der Erste gewesen war, der Caspar Friedrich Wolffs Arbeit umfassend verstanden hatte und schon sehr früh die Abfaltung des Embryos verstanden hatte.¹⁴⁹² Sehr anschaulich demonstrierte Pander auf einem der gemeinsamen

¹⁴⁸⁶ Baer 1828.

¹⁴⁸⁷ Baer 1866.

¹⁴⁸⁸ Ebd., 200: „*Da im Anfange die Resultate nicht nur langsam kamen, sondern sich nur auf Vermuthungen beschränkten, gab ich meine Theilnahme bald auf. Ich glaubte die Zeit besser zu benutzen, wenn ich mich selbständig mit andern Untersuchungen beschäftigte [...].*“

¹⁴⁸⁹ Baer 1828, VI: „*Der Vorschlag zog mich ungemein an, aber mein Aufenthalt in Würzburg konnte nicht mehr lange währen und auch in anderer Hinsicht ging die Unternehmung über meine Kräfte.*“

¹⁴⁹⁰ Schröder 1893, 275–276: Baer verließ Würzburg im Herbst, um sein Studium in Berlin fortzusetzen. 1817 schließlich ging er nach Königsberg, wo er begann, als Prosector zu arbeiten.

¹⁴⁹¹ Baer 1866, 201.

¹⁴⁹² Ebd., 200.

Spaziergänge nach Sickerhausen die Abfaltung des Embryos mit einem Taschentuch über seiner sich zusammenkrümmenden Hand.¹⁴⁹³ Baer räumte ein, dies damals noch nicht verstanden zu haben, es bedurfte einer erneuten Auseinandersetzung mit der Thematik der Hühnchenentwicklung, in seiner Zeit in Königsberg, wo er ab 1817 als Prosektor tätig sein sollte.¹⁴⁹⁴ Doch zunächst schloss er endgültig mit seiner Würzburger Zeit, als er sich im Winter 1816 nach Berlin aufmachte, um sein Studium dort fortzusetzen.¹⁴⁹⁵

Währenddessen führte Pander seine Untersuchungen fort, um 1817 sein Promotionsprojekt erfolgreich abschließen zu können. Nach Panders Veröffentlichung seiner Dissertation geriet er in die Kritik, Döllinger und D'Alton hätten diese Arbeit hauptsächlich angefertigt,¹⁴⁹⁶ sowie das Ergebnis seiner Arbeit vollkommen unverständlich sei.¹⁴⁹⁷ Was die Eigenständigkeit von Pander in seine Forschungen betrifft, so verteidigte Karl Ernst von Baer seinen alten Studienfreund, in dem er die oben beschriebenen Verhältnisse, unter denen damals in Sickershausen geforscht wurde, klarstellte.¹⁴⁹⁸ Hierin bezeugte Baer erneut die Hochachtung, welche er für Panders Studien und deren weitreichende Ergebnisse empfand. So klagte Baer den Verfasser der Grabrede von Ignaz Döllinger, Dr. Philipp Franz von Walther,¹⁴⁹⁹ an, in seiner Schilderung die Umstände völlig falsch darzulegen. Bestimmt widerlegte Baer von Walthers Äußerung,¹⁵⁰⁰ Döllinger habe mit D'Alton in eigenen Studien schon vorher Bildmaterial zur Hühnerembryologie angefertigt und Pander sei erst dazu gestoßen.¹⁵⁰¹ Neben Philip Franz von Walther, der lediglich den historischen Hintergrund der Arbeit falsch dargestellt

¹⁴⁹³ Baer 1866, 201.

¹⁴⁹⁴ Ebd.

¹⁴⁹⁵ Ebd., 203.

¹⁴⁹⁶ Walter 1841, 84–85.

¹⁴⁹⁷ Oken 1817, 1539: Oken schloss seine Rezension damit, dass er Panders Dissertation so für völlig unverständlich hielt und den Thesen dessen nicht folgen konnte.

¹⁴⁹⁸ Baer 1866, 196–197.

¹⁴⁹⁹ Walter 1841.

¹⁵⁰⁰ Baer 1866, 196.

¹⁵⁰¹ Walter 1841, 84.

hatte, verstanden selbst gestandene Embryologieforscher, wie Lorenz Oken, Panders Ausführungen nicht.¹⁵⁰² Was das Unverständnis von Panders Arbeit betraf, so schloss sich Baer vor allem Oken zunächst an. Außerdem bemängelte Baer das „*kolossale Missverständnis*“¹⁵⁰³ der Rezension von Panders deutscher und lateinischer Arbeit in der ‚*Medizinisch Chirurgischen Zeitung*‘ von 1818, verfasst von dem Arzt Gruithuisen,¹⁵⁰⁴ der Panders Keimblatt als ein Ei im Ei und somit als die Entdeckung des Säugetiereis interpretierte.¹⁵⁰⁵ Auch diese Umstände verdeutlichen nur, dass Panders Arbeit 1817 noch nicht verstanden werden konnte. Nichtsdestotrotz stand Panders embryologische Arbeit an wissenschaftlicher Qualität und ausschlaggebenden Erkenntniszuwachs im Anschluss an Wolffs Arbeit eindeutig allein im Bereich der Embryologieforschung. Erst Karl Ernst von Baer lieferte mit seiner ‚*Entwicklungsgeschichte der Thiere*‘ und seiner Entdeckung des Säugetiereis im Eileiter einer Hündin zwei weitere, wichtige und empirisch erarbeitete, neue Erkenntnisse in der Embryologie des 19. Jahrhunderts.¹⁵⁰⁶

In den folgenden acht Jahren ging jeder der beiden Forscher seinen eigenen Projekten nach, wobei sie sich gelegentlich über besondere Funde, oder dergleichen, austauschten. Thema war hierbei aber weniger die Embryologie, als mehr die Paläontologie und Geologie. Pander erkrankte im Zeitraum von 1825 bis 1827 schwer, was den verringerten Kontakt mit Baer in dieser Zeit erklärt. Ab dem Jahr 1827 dann war die Embryologie plötzlich wieder ein Thema. In dem Briefwechsel der beiden Freunde im Jahr 1827 bat Baer seinen Studienfreund erneut darum, ihm eine Fassung dessen Dissertation zukommen zu lassen, was Pander ihm ohne Umschweife gewährte.¹⁵⁰⁷ Interessant ist hierbei auch, dass Pander in seinem Antwortschreiben an Baer ebenso erwähnte, eine

¹⁵⁰² Baer 1866, 292–297: Hier erläutert Baer die Ursachen für das Missverstehen von Panders Arbeit.

¹⁵⁰³ Baer 1866, 294.

¹⁵⁰⁴ Hartenkeil u.a. 1818, 305–315.

¹⁵⁰⁵ Baer 1866, 294: Diese Feststellung ist an sich ja schon unlogisch, handelt es sich ja um ein Vogelei. Baer war äußerst entrüstet über diesen rein spekulativen, völlig falschen Schluss des Autors.

¹⁵⁰⁶ Bäumer-Schleinkofer 1993, 242–243.

¹⁵⁰⁷ Knorre 1973, 99.

erneute Auflage zur ‚*Entwicklung des Hühnchens im Eye*‘ mit D’Alton herausbringen zu wollen und im Frühling 1827 deswegen auch schon mit Döllinger in Kontakt getreten war.¹⁵⁰⁸ Warum es nie zu dieser weiteren Auflage von Panders Arbeit kam, ist heute unklar. Ein Jahr später kam das Werk von Karl Ernst von Baer ‚*Entwicklungsgeschichte der Thiere*‘ heraus, welches er Pander widmete.¹⁵⁰⁹ In dieser Widmung räumte Baer seinem Studienfreund den rechtmäßigen Stand ein, als Erster die Embryologie des Huhns beschrieben und verstanden zu haben. Gleichzeitig entnimmt man Baers Schreiben die Hochachtung vor Pander als Wissenschaftler, sowie den großen Stellenwert als persönlichen Freund, wie man an folgender Aussage erkennt: „... *indem ich Dich bei unsrer Begegnung in Jena bewog, nach Würzburg zu kommen, um meinen Herrn und Meister Döllinger kennen zu lernen, in dessen Haus jeder angehende Naturforscher Anregung, Unterstützung und Belehrung jeglicher Art fand. Du bliebst länger, als du gewollt hattest. Da entwickelte sich jene glückliche Zeit (wie gern verweilt meine Erinnerung bei ihr!) [...]*.“¹⁵¹⁰ Zudem wird hier sehr deutlich, wie wichtig die Beziehung der beiden Naturforscher zueinander für ihre wissenschaftliche Karriere war, sowohl für Pander als auch für Baer.

Zunächst soll zum besseren Verständnis dargestellt werden, wie Baer dazu kam, selbst die Hühnerembryologie zu erforschen, bevor damit begonnen wird, Panders und Baers Ergebnisse abzugleichen. In eben diesem ersten Unverständnis von Panders Arbeit benannte Karl Ernst von Baer die Motivation begründet, sich erneut und intensiv in einem eigenen Projekt mit der Entwicklung des Huhns auseinanderzusetzen,¹⁵¹¹ wobei er schlussendlich Panders Arbeit verstand: „*So ging ich 1819 an die erste eigene Beobachtung, die nur auf Verständnis Deiner Untersuchungen gerichtet seyn konnte.*“¹⁵¹² Baer begann seine ersten Studien, indem er zunächst Wolffs Arbeit überarbeitete und

¹⁵⁰⁸ Ebd., 99–100.

¹⁵⁰⁹ Baer 1837, 5.

¹⁵¹⁰ Ebd.

¹⁵¹¹ Baer 1866, 296–297.

¹⁵¹² Baer 1828, VI.

anschließend dann Panders, die er zusammen mit den Kupfertafeln schließlich auch verständlich fand.¹⁵¹³ Zwar werden Karl Ernst von Baers genauere Resultate, im Vergleich zu denen, die Pander in seinem Erstwerk geliefert hatte, in der Geschichte der Embryologieforschung gelobt,¹⁵¹⁴ allerdings muss man hierbei die Rahmenbedingungen der Forschungen beachten.

Für Pander waren die praktischen, embryologischen Studien am Mikroskop komplett neu und ihm war es nur möglich, so schnell erfolgreich zu werden, indem Ignaz Döllinger ihn in seine eigens zuvor entwickelte, wissenschaftliche Methodik einweihte.¹⁵¹⁵ So gelang es Pander innerhalb von eineinhalb Jahren, eine derart herausragende Leistung auf dem Gebiet der Embryologie zu erbringen.¹⁵¹⁶ Von Baer schließlich führte seine erste Reihe von Untersuchungen von 1819 bis 1823 durch, wobei er sich zuerst auf die Primitivfalten und die Chorda dorsalis, von Pander fälschlicherweise Rückenmark genannt, konzentrierte.¹⁵¹⁷ Baer hatte also vier Jahre Zeit, sich mit der genaueren Erforschung einer einzelnen Struktur des Hühnerembryos zu beschäftigen, wobei er bereits auf Panders Ergebnisse aufbauen konnte.

Unter diesen Voraussetzungen ist es selbstverständlich, dass es Baer möglich war, die Pionierarbeit seines Studienfreunds auszubauen und zu verbessern. Besonders war es Baer möglich, die Rückenseite des Fötus korrekt als ein Merkmal der Wirbeltiere, heute als Chorda dorsalis bekannt, zu benennen und so gleichzeitig diese Fehlinterpretation Panders auszuräumen.¹⁵¹⁸ Dieser Erfolg genügte Baer noch nicht, sodass er sich 1826 ein zweites Mal an umfassende Studien heranwagte, diesmal mit Fokus auf

¹⁵¹³ Baer 1866, 295–299.

¹⁵¹⁴ Schmuck 2010, 109–110.

¹⁵¹⁵ Pander 1817b, 2–3: Vgl. beispielsweise hierzu das Vorwort Panders ‚*Dissertatio*‘, in welchem er Döllinger für die Unterstützung in Methodik, Rat und Ausstattung mit Instrumenten dankt.

¹⁵¹⁶ Schmuck 2010, 110: Auch Schmuck hebt hervor, dass die Einführung des Keimblattkonzepts in die Embryologie derart revolutionär war, „*dass es auch bei versierten Wissenschaftlern wie Oken oder Baer anfangs Verständnisschwierigkeiten hervorrief.*“

¹⁵¹⁷ Baer 1828, 6–9.

¹⁵¹⁸ Schmuck 2010, 109–110.

die frühen Stadien der Embryonalentwicklung, analog zu Panders Vorgehen.¹⁵¹⁹ Aus eben diesen Gründen dankte Baer in einer Widmung seinem Studienfreund Pander, bevor er seine eigenen Ergebnisse zur Erforschung des Hühnerembryos neu darlegte: *„Beiträge zur Entwicklungsgeschichte wollen hier in die Welt treten. Bevor sie selbst reden, ist über ihre eigene Entwicklungsgeschichte zu berichten, damit man wisse, was sie erzeugt [...] hat. [...] Du [Pander] hast noch ein näheres Recht, ja vielleicht eine Verpflichtung, des Kindleins Pathe zu seyn. Wenn nämlich die Bildung der Frucht ein Wachstum über die Schranke des Individuum hinaus ist, so dürfen die vorliegenden Untersuchungen sich rühmen, eine Folge jener für die Naturwissenschaft ewig denkwürdigen Verbund zu seyn, in welcher ein in physiologischen Forschungen ergrauter Veteran, ein von Eifer für die Wissenschaft glühender Jüngling und ein unvergleichlicher Künstler sich verbanden, um durch vereinte Kräfte eine feste Grundlage für die Entwicklungsgeschichte des thierischen Organismus zu gewinnen. Du wurdest der Sprecher dieses Triumvirates, Dir also überreiche ich, was ich dem Verein widmen möchte, [...]“*¹⁵²⁰ In der Tat zeigt sich hier die enorme Hochachtung Baers vor der wissenschaftlichen Leistung Panders. Betrachtet man die Embryologieforschung des frühen 19. Jahrhunderts, so war Pander tatsächlich der Erste, welcher mit seinen Ergebnissen hier *„eine feste Grundlage“*¹⁵²¹ für weitere, naturwissenschaftlich begründete Untersuchungen erschuf.¹⁵²²

Wie aber reagierte Pander auf diese Widmung, und vor allem, wie reagierte er auf Baers neue Entdeckungen und Auffassungen? Pander erhielt allerdings das Werk Baers erst am 03.03.1829 und bearbeitete es über Nacht, um Baer am nächsten Tag zu antworten: *„Gestern Nachmittag erhielt ich [Pander] endlich, nach langem Sehnen und Wünschen Dein Werk über die Entwicklungsgeschichte etc. konnte erst die Nacht*

¹⁵¹⁹ Baer 1828, 9–15.

¹⁵²⁰ Ebd., V.

¹⁵²¹ Ebd.

¹⁵²² Bäumer-Schleinkofer 1993, 242–243.

endlich dran setzen um darin zu studieren.“¹⁵²³ Dass Pander selbst sich zu diesem Zeitpunkt intensiv mit der des Huhns auseinandersetzte, wird sehr deutlich, als er sich für seine schnelle und kurze Antwort rechtfertigte: „*Ich habe jetzt gar nicht die Zeit dazu, denn das ist mein Unglück, kommt mir einmal das Hühnchen in den Kopf, so ist auch kein Sinn für alles Andere da, kein Schlaf kommt in die Augen, ich sehe nichts anderes als das Eigelb, das Huhn und alles Unendliche, was dazwischen liegt.*“¹⁵²⁴ Über zehn Jahre nach dem erfolgreichen Abschluss seines Promotionsprojekts über die Hühnerembryologie fesselten weitere Fragen über die Entstehung des Hühnchens im Ei den Wissenschaftler noch. Anschließend fuhr Pander damit fort, seine Auffassung von Baers Entdeckungen und Beschreibungen zu erläutern. Dabei versuchte er, seine Kritik an Baers Werk von ihrer gegenseitigen Freundschaft zu trennen.¹⁵²⁵

Des Weiteren spricht für die empirische, naturwissenschaftliche Arbeitsweise von beiden Naturforschern, dass Pander als ersten Kritikpunkt Baer empfahl, sein Mikroskop wegzuworfen, denn „*das taugt nichts*“.¹⁵²⁶ Dies begründete Pander, wie folgt: „*Du müßtest, und namentlich Du müßtest viel mehr gesehen haben als Du bemerkt hast; das bezieht sich auf die Beschreibung des Dotter sowohl wie auf das Hühnchen selbst. Ich kann mich nicht auf alle die Nuancen der Metamorphose des Dotters einlassen [...], doch das ist nicht die Hauptsache, zu welcher ich folgendes zähle, welches sehr wichtige Momente sind und die ich fürs erste Dir mittheile.*“¹⁵²⁷ Seine eigene, erste entwicklungsgeschichtliche Forschungsarbeit hatte Pander unter dem erfahrenen Anatom und Physiologen Ignaz Döllinger begonnen und von vorneherein durch seinen Lehrer den Wert einer exakten, wissenschaftlichen Methodik für den Erfolg einer Untersuchung erlernt. Wie bereits dargestellt, begründete sich in eben der geeigneten Methodik die Eier zu öffnen und anschließend die frühen Embryonalstadien zu mikroskopieren,

¹⁵²³ Knorre 1973, 101.

¹⁵²⁴ Ebd.

¹⁵²⁵ Ebd., 104.

¹⁵²⁶ Ebd., 102:

¹⁵²⁷ Ebd.

der Erfolg Panders. Daher war es ein berechtigter Kritikpunkt Panders und zeugte davon, dass er sich mittlerweile selbst fundiert in der Methodik der mikroskopischen Embryologieforschung auskannte.

Pander benannte anschließend in acht Punkten seine Kritik an Baers neuem Werk. Zunächst beschrieb er, dass die Keimhaut aus vier Häuten bestehe,¹⁵²⁸ was einen Unterschied zu seiner eigenen Erstbeschreibung in seinen *Beitraegen zur Entwicklungsgeschichte des Hühnchens im Eye*¹⁵²⁹ machte. So räumte er auch ein, die vierte Schicht als Schleimschicht ebenso wie Baer im Vergleich zu seiner ursprünglichen Dissertation neu entdeckt zu haben. An zweiter Stelle wies er daraufhin, dass von Baer die Primitivfalten zu Unrecht als bloße Schatten, hervorgerufen durch das schlechte Mikroskop, interpretierte.¹⁵³⁰ An dritter Stelle hielt er Baer dazu an, die Augenentwicklung noch einmal genauer zu studieren. Schließlich versuchte er, Baer von seiner eigenen Interpretation der Rückenmarksknoten fälschlicherweise zu überzeugen, was er im sechsten und siebten Punkt ebenso ansprach.¹⁵³¹ Im fünften Punkt widersprach er ausdrücklich der Darstellung der Herzentwicklung bei Karl Ernst von Baer. Im letzten Absatz wertschätzte Pander die Arbeiten von Baer, „vielleicht mehr als irgend einer“¹⁵³², weil er „die ungeheuren Schwierigkeiten derselben“¹⁵³³ bereits selbst erfahren hatte. Zudem bedauerte er, dass Baer aufgrund des Todes von seinem ältesten Sohn Magnus nicht von seiner Familie weggehen konnte, um mit ihm gemeinsam ihre Erkenntnisse abzugleichen. „Wenn ich doch einmal mit Dir zusammen diesen Gegenstand bearbeiten könnte, [...]“¹⁵³⁴, schrieb er zu seinem achten Kritikpunkt, in dem es um die Spalte im Rückenmark ging. Des Weiteren zeigte sich Pander durchaus diskussionsbereit und offen für

¹⁵²⁸ Ebd.

¹⁵²⁹ Pander 1817a, 5

¹⁵³⁰ Knorre 1973, 102.

¹⁵³¹ Ebd., 102–103.

¹⁵³² Ebd., 104.

¹⁵³³ Ebd.

¹⁵³⁴ Ebd., 103.

neue Erkenntnisse. Ohne weitere Einwände nahm er Baers Entdeckung der Chorda dorsalis an.¹⁵³⁵ Bei all diesen Kritikpunkten betonte Pander aber die Ungewissheit neuer, embryologischer Beobachtungen: „*Vielleicht hast du Recht, vielleicht ich, vielleicht sind wir beide auch etwas von der Wahrheit entfernt*“.¹⁵³⁶ Pander hatte in seinen ‚*Beiträgen*‘ angekündigt, eine vollständigere und besser ausgearbeitete Version seiner Beobachtungen zu liefern.¹⁵³⁷ Man sucht diese zweite Abhandlung über die Hühnerembryologie in Panders wissenschaftlichen Werken vergeblich. So fiel Karl Ernst von Baer also die Rolle zu, Panders Pionierarbeit auszubauen und zu korrigieren. Welche einschlägigen Erkenntnisse erlangte Baer hierbei?

Wie bereits dargelegt, baute Baers Arbeit auf der seines Freundes und Kollegen Christian Heinrich Pander auf. So ist an erster Stelle Baers Ausarbeitung des vorher von Pander eingeführten Keimblattmodells zu nennen. Es gelang Baer, die hieraus entstehenden Organe und Strukturen differenzierter zuzuordnen. Ein wichtiges Detail entdeckte Baer in genaueren Studien des Dottersacks, welcher sich aus zwei sich trennenden Lamellen der Keimhaut bildete, was Pander entgangen war. Auch die Entstehung des Nabels und die Entstehung der Eihäute und wie diese Strukturen zueinander in Verhältnis standen, formulierte Karl Ernst von Baer korrekt. Als Erster erkannte Baer auch die Bildung der Chorionallantois und deren respiratorische Funktion in der Embryonalentwicklung des Huhns, was in Panders Werk völlig fehlte. Die wohl markanteste und bekannteste Neubeschreibung Baers ist die der Chorda dorsalis. Aufgrund dieses Merkmals beschrieb Baer den Wirbeltiertypus. Hatte Pander diese Struktur noch als Rückenmark verkannt, so war es Baer hier möglich, diese Fehlinterpretation zu berichtigen.¹⁵³⁸

Leider gelangte Karl Ernst von Baer unmittelbar nach der Veröffentlichung seines embryologischen Werks nicht zu der Anerkennung der wissenschaftlichen

¹⁵³⁵ Schmuck 2010, 109–110.

¹⁵³⁶ Knorre 1973, 104.

¹⁵³⁷ Pander 1817a, 30.

¹⁵³⁸ Bäumer-Schleinkofer 1993, 229–233.

Öffentlichkeit des 19. Jahrhunderts, welche er wohl verdient hätte. Frustriert von dieser Tatsache, wandte Baer nach 1828 embryologische Studien den Rücken zu und kooperierte ebenso nicht, was weitere Veröffentlichungen seiner vorherigen, umfassenden Studien in diesem Fachgebiet betraf.¹⁵³⁹

Auch für Christian Heinrich Pander ist dieser Brief an Baer, aus dem Jahr 1829, in welchem er Baers Studienergebnisse zum Hühnerembryo diskutierte, der letzte, schriftlich überlieferte Beweis für seine Beschäftigung mit dem Hühnchen.¹⁵⁴⁰ In den folgenden Jahren kam auch die, zumindest schriftlich erhaltene, naturwissenschaftliche Korrespondenz beider Forscher auf dem Gebiet der Embryologie zum Erliegen.¹⁵⁴¹ Dass Pander sich aber noch zehn Jahre nach der Veröffentlichung seiner Dissertation intensiv mit der Erforschung dieser Thematik auseinandersetzte, wird aus dem obengenannten Austausch beider Forscher deutlich. Den Rest seines Lebens sollte sich Pander aber nur noch der Vervollständigung seines gemeinsamen Werkes mit D'Alton ‚*Vergleichende Osteologie*‘ (1821-1838) und der Erstellung der mehrbändigen Reihe ‚*Fossile Fische der Russisch-Baltischen Gouvernements*‘ widmen.¹⁵⁴²

Abschließend wird deutlich, dass ohne Karl Ernst von Baers Vorschlag, Pander wohl nie zu Ignaz Döllinger nach Würzburg gekommen wäre, um daraufhin in seinen Studien am Hühnerembryo die Keimblatttheorie zu begründen. Eben die Ergebnisse Panders stellten aber eindeutig die Grundlage für Karl Ernst von Baers spätere Arbeiten auf dem Gebiet der Embryologie dar. Beide Forscher standen ihr Leben lang in Kontakt und unterstützten sich nicht nur in ihren wissenschaftlichen Arbeiten, sondern auch

¹⁵³⁹ Ebd., 225: So wurde der zweite Band Baers zur ‚*Entwicklungsgeschichte der Thiere*‘ 1838 in eigenständiger Initiative der Verleger veröffentlicht, wobei diese auf das unvollständige Manuskript zurückgriffen, welches Baer ihnen vorher überlassen hatte.

¹⁵⁴⁰ Knorre 1973, 101–105.

¹⁵⁴¹ Ebd., 104–112: Der nächste erhaltene Brief von Pander an Baer stammt aus dem Jahr 1844. Die folgenden Briefe beinhalten zwar auch wissenschaftliche Themen, doch stammen diese aus den Disziplinen der Paläontologie und Geologie.

¹⁵⁴² Rajkov 1984, 57–95.

privat. So verhalf Baer Pander beispielsweise 1844 zu einem neuen Arbeitsplatz, bei dem Pander weiter seinen wissenschaftlichen Forschungen nachgehen konnte.¹⁵⁴³ Baer und Pander hatten ineinander eine sehr bereichernde Freundschaft gefunden, die zu einschlägigen Erkenntnissen in der Embryologie-Forschung des 19. Jahrhunderts führte.

¹⁵⁴³ Knorre 1973, 107.

F. Fazit: Die Begründung der Keimblatttheorie 1817 durch Christian Heinrich Pander

I. Ignaz Döllinger als Wegbereiter der Begründung der Keimblatttheorie

Döllinger beschäftigte sich umfassend mit entwicklungsgeschichtlicher Forschung, wobei sein Streben nach Erkenntnis naturphilosophisch begründet war. Dennoch berief er sich in seinen Forschungen auf eine empirische und naturwissenschaftliche Methodik mit dem Mikroskop. Insgesamt hatte Döllinger 1816 über 12 Jahre lang Erfahrung in der Erforschung embryologischer Fragestellungen gesammelt. Dadurch hatte er eine effiziente Methodik entwickelt, die Eier zu präparieren und zu mikroskopieren, wobei er sich an der Arbeitsweise Marcello Malpighis zweiten Werks *Appendix repetitas auctasque de ovo incubato observationes continens*¹⁵⁴⁴ orientierte. Wie der italienische Naturforscher,¹⁵⁴⁵ so war auch für Döllinger die genaue und objektive Studie der anatomischen Struktur ausschlaggebend für sein wissenschaftliches Arbeiten.

So war es eindeutig Döllingers rationale, empirisch fundierte Methodik in der Mikroskopie, welche Pander überhaupt seinen schnellen Erfolg in seinen eigenen, embryologischen Forschungen ermöglichte. Denn man muss bedenken, dass Pander bei seiner Ankunft in Würzburg ein unerfahrener Neuling in der mikroskopischen Untersuchung des Hühnerembryos war.¹⁵⁴⁶ Während es dem jungen Studenten an praktischer Erfahrung in embryologischen Forschungen fehlte, fand er in Döllinger einen Lehrer, der auf

¹⁵⁴⁴ Adelman 1966a, 982–1013: Marcello Malpighi datierte sein zweites Werk auf den Oktober 1672. Es gelang ihm hier, das Blastoderm besser mikroskopieren zu können, da er die Technik entwickelte, es vorab von der Dotterkugel zu lösen, um es anschließend auf ein Glasträger gelegt zu untersuchen.

¹⁵⁴⁵ Ebd., 820: Adelman beschrieb Malpighi wie folgt: „As he does everywhere in all his other works, so also in his two dissertations on the development of the chick Malpighi reveals himself as primarily an observer who is interested almost exclusively in what his eyes can tell him of the true nature of whatever he happens to be investigating; who is striving conscientiously to record what he sees as objectively and accurately as his powers will permit; [...]“

¹⁵⁴⁶ Rajkov 1984, 129.

vielfältige und fundierte Erfahrung auf dem Gebiet entstellungsgeschichtlicher Forschungsfragen zurückblickte. Indem Pander sich interessiert an Döllingers Forschungsprojekt zeigte und die nötigen, finanziellen Mittel zur Durchführung der aufwendigen Untersuchungen zur Verfügung stellte, begann er seine Arbeit unter Döllingers Anleitung.¹⁵⁴⁷ Während der folgenden Zusammenarbeit zeigte Döllinger seinem Schüler die grundlegenden, methodischen Kenntnisse in der Präparation und Mikroskopie des Hühnerembryos, wengleich er seinem Schüler die anschließende, eigenständige Forschung überließ

Gerade die genaue Beobachtung der frühen Stadien der Embryonalentwicklung führten zu Panders durchschlagendem Erfolg. Dies bestärkt nur die Bedeutung Döllingers Methodik für die schnelle, wissenschaftliche Leistung seines Schülers. Nur anhand eins präzisen präparierten und intakten Blastoderms war es möglich, die frühen Schritte der Embryonalentwicklung überhaupt zu mikroskopieren.¹⁵⁴⁸ Ebenso wie die genaue Methodik, war der Zeitrahmen, den Pander für die Untersuchungen festlegte,¹⁵⁴⁹ entscheidend für Panders Begründung der Keimblatttheorie. Denn gerade während dieser ersten fünf Entwicklungstage vollziehen sich alle wesentlichen Schritte, in welchen sich aus der Keimscheibe der embryonale Körper formt.

¹⁵⁴⁷ Baer 1828, VI: „Auf einer solchen Wanderung nach Sickershausen war es, wo Döllinger, als wir über den kleinen Steg gingen, der, von dem Wege aus Kitzingen nach Mainbernheim ab, gegen Sickershausen leitet, den Wunsch äußerte, daß ein junger Naturforscher unter seinen Augen, eine neue Reihe von Untersuchungen über die Entwicklung des Hühnchens anstelle, und hinzufügte, er hoffe, daß sich wichtige Resultate ergeben würden. Der Vorschlag zog mich ungemein an, aber mein Aufenthalt in Würzburg konnte nicht mehr lange währen und auch in andrer Hinsicht ging die Unternehmung über meine Kräfte. Zum bessern Glücke für die Wissenschaft warst Du in der Nähe und Du faßtest den Gedanken mit Wärme auf, der in Sickershausen zu einem festen Plane sich gestaltete. So begannen die Untersuchungen, deren Anfängen ich noch beiwohnen konnte und für die ich eine große Vorliebe mitnahm.“

¹⁵⁴⁸ Bellairs/Osmond 2014, 602–604.

¹⁵⁴⁹ Baer 1866, 200Baer erinnerte sich daran, dass Pander selbst den Zeitrahmen für die Untersuchungen festgelegt hatte: „Pander hatte also allerdings den Vortheil, Döllinger's langjährige Erfahrungen und seine zweckmässigen Methoden zu benutzen. Allein die ganze Untersuchung, wenn man zu einer wahrhaft genetischen Erkenntniss gelangen wollte, musste vonvorn angefangen und anhaltend durchgeführt werden. Das ist denn, wie ich nicht anders weiss, vorherrschend von Pander geschehen, sowie er auch zuerst die Schrift von Wolff verstanden hat, allein die Kosten trug und die Brütmaschine besorgte.“

II. Neue, wissenschaftliche Erkenntnisse Panders und deren Bedeutung für die Embryologieforschung des beginnenden 19. Jahrhunderts

Insgesamt betrachtet, ist es die Hauptleistung Panders gewesen, anhand dieser Studien ein erstes Konzept des Keimblattmodells in die Embryologie einzuführen.¹⁵⁵⁰ Sein Keimblattmodell basierte auf drei grundlegenden Thesen. Zuerst setzte er voraus, dass die einfache Keimhaut selbst bereits alle Voraussetzungen für die weitere Entwicklung des Embryos mit sich brachte.¹⁵⁵¹ Dies erklärte er durch die Aufspaltung der ursprünglichen Keimhaut in drei weitere Schichten, welche wiederum durch Abfaltung den Körper des Embryos bildeten.¹⁵⁵²

Aus diesen drei Schichten wiederum entstanden in komplizierteren Prozessen anschließend die Organe. Hierbei beschrieb er ansatzweise die wesentlichen Schritte, in welchen sich die Organsysteme aus einer blattförmigen Anlage herausbildeten. Wie tiefgreifend er allerdings die Organogenese, abgeleitet aus der dreiblättrigen Keimhaut, tatsächlich verstand, ist differenziert zu werten.

Besonders in seinem Erstwerk zur Embryologie, seiner ‚*Dissertatio*‘¹⁵⁵³ und seinen ‚*Beiträgen*‘¹⁵⁵⁴, treten deutlich die Verständnisschwierigkeiten hervor, welche Pander bei der genauen Zuordnung der Organsysteme zu der jeweiligen Keimschicht hatte.¹⁵⁵⁵ Pander hatte Schwierigkeiten, die einzelnen morphologischen Veränderungen des jeweiligen Organsystems während der Entwicklung durchgängig und exakt zu

¹⁵⁵⁰ Schmuck 2010, 105.

¹⁵⁵¹ Ebd., 106. „Der Embryo selbst war eine Membran [...]“

¹⁵⁵² Schmitt 2005, 4.

¹⁵⁵³ Pander 1817b, 38: Hier beschrieb Pander, wie die Kopfscheide nach kaudal in das Herz überging: „*Extrema capitis pars, siquidem superiorem, ad albumen spectantem superficiem consideremus, quae blastodermati prius incubuit et ab illo superne acus ope sublevari potuerat, nunc parvae foveolae immermersa est, quam blastodermatis superior, ultra caput promineus pars efficit, ita ut caput ex hac foveola eximere possis. [...] Cor in latus sinistrum arcuatur et duabus stricturis in tres vesiculas, imperfecte tamen, dividitur, et in extremitate inferiori, quasi bifidum in crura maxime divergentia desinit.*“

¹⁵⁵⁴ Pander 1817a, 40–42: Besonders bei der Beschriftung der ‚*Tafel der Durchschnitte*‘ fallen Panders Verständnisschwierigkeiten auf.

¹⁵⁵⁵ Ebd., 12–13.

beschreiben. In seinem Werk fehlt eine Darstellung der Bildung des zentralen Nervensystems und des Gehirns völlig. Am deutlichsten zeigt sich dies in Panders Darstellung und Beschreibung der ektodermalen Kopfscheide. Wiederholt stellte er falsch dar, dass der mesodermale Herzschlauch aus der ektodermalen Kopfscheide entsprang.¹⁵⁵⁶ Es gelang ihm nicht, eine differenzierte Einsicht zur Herzentwicklung zu erreichen, sodass er sich bei der weiteren Entwicklung dieses Organs auf die Beschreibung Hallers berief. Zwar erzielte seine Arbeit in der grundlegenden Erklärung der Darmentwicklung im Vergleich zu Wolff weitere Fortschritte,¹⁵⁵⁷ dennoch entging Pander hier die exakte

¹⁵⁵⁶ Pander 1817a, 40-42: Beispielsweise hier.

¹⁵⁵⁷ Adelman 1966c, 1710-1717: S. hier u Adelmans Darstellung von Panders unzureichender Beschreibung des Mesenteriums.

Beschreibung des Mesenteriums¹⁵⁵⁸, sowie er die Bildung der Chorionallantois zwar erkannte,¹⁵⁵⁹ dennoch deren Funktion nicht verstand.¹⁵⁶⁰

Hieraus wird deutlich, dass Pander zwar grundlegend verstanden hatte, dass sich der Körper des Embryos und dessen Organe durch Abfaltung aus einer blattförmigen Anlage heraus entstanden, ihm aber eine detaillierte Beobachtung und differenziertere Erkenntnisse hierzu noch nicht möglich waren.¹⁵⁶¹ Demnach liegt die Bedeutung Panders Werk weniger in der ausführlichen und genauen Aufarbeitung der Organogenese, welche eine exakte Zuordnung zum jeweiligen Keimblatt berücksichtigte. Da Pander

¹⁵⁵⁸ Pander 1817a, 22: Trotzdem fehlen in seinen ‚Beiträgen‘ die wichtigen Zuordnungen, welche Organ-systeme sich aus dem Endoderm und Mesoderm genau bilden. Die Beschreibung Panders, dass „die beiden andern Keimhautblätter die Gedärme mit dem Mesenterium“ bilden, ist derart oberflächlich und lückenhaft, dass er mit dem heutigen, differenzierten Verständnis des Keimhautmodells nicht zu vereinbaren ist. Auch in seiner ‚Dissertatio‘ differenzierte Pander nicht, welche Struktur sich genau aus Mesoderm und Endoderm ableitete. Besonders zentral ist seine Anmerkung in seiner ‚Dissertatio‘, in welcher er Wolffs Theorie über die Bildung des Darmkanals diskutierte und korrigierte: „Man kann die ganze Sache nicht klar und präzise verstehen, wenn man nicht die ganze Reihe der Veränderungen, welche sich in jeder einzelnen dieser Schichten der Membranen ereignen, vollständig entwirrt. Daher formt sich aus der serösen Schicht [Ektoderm] die Leibeswand des kleinen Körpers und die Bildung des Amnions folgt, und aus dem Schleimblatt und dem Gefäßblatt [Endoderm und Mesoderm], bilden sich der Darm und das Mesenterium. [...] Wolff behauptete, dass dieser Kanal, oder zumindest der mittlere Teil, welcher die Wurzel des gesamten Darmkanals ist, durch das Zusammenwachsen von zwei vorher getrennten Blättern entsteht, eine Ansicht voll von Fehlern. Was die Membran betrifft, aus welcher der Darmkanal sich bildet, breitet sie sich auf der Oberseite des ganzen Fetus aus [von ventral, also von der mesodermalen Seite gesehen] und indem sie sich von beiden Seiten kommend aufeinander zu bewegen, schließen sie sich zusammen und das Mesenterium ist gebildet.“ Insgesamt gelang es Pander, trotz der unpräzisen Zuordnung der jeweiligen Keimblätter, in dieser Passage ein anschauliches Bild zu entwerfen, wie sich die Leibeshöhle mitsamt den Gedärmen grundlegend formte. Gleichzeitig bewies er damit, wie grundlegend er die komplexe Arbeit Wolffs durchdacht und verstanden hatte. Bedenkt man den Konsens, den Embryologieforscher über die Unverständlichkeit von Wolffs Abhandlung über die Bildung des Darmkanals, so ist dies durchaus eine große, wissenschaftliche Leistung Panders. Folglich war es Pander aufgrund seines eigenen, fundierten Verständnisses der Embryonalentwicklung des Huhns möglich, zu formulieren, worin die Fehler Wolffs lagen. Panders eigene These zur Bildung der Leibeshöhle und des Darmrohrs war verblüffend einfach und kam dennoch äußerst nah an die naturgetreue Entwicklung heran. Durch Abfalten der Keimblätter formten sich aus dem inneren Blatt, dem Endoderm und dem darüber liegenden, dem Mesoderm, das Darmrohr gemeinsam mit seiner Wurzel, dem Mesenterium.

¹⁵⁵⁹ Ebd., 25.

¹⁵⁶⁰ Bäumer-Schleinkofer 1993, 222.

¹⁵⁶¹ Pander 1817a, 22: Nur sehr rudimentär ordnete Pander dem jeweiligen Organsystem eine Gewebeschicht der Keimscheibe zu, aus welcher sie entstand. Das Ektoderm bildete die Leibeswand, den Kopf und das Amnion laut Pander. Endoderm und Mesoderm bildeten den Darm und das Mesenterium. Eine genauere Zuordnung brachte er nicht an.

Idee, die Bildung des embryonalen Körpers durch die Abfaltung und Differenzierung einer einfachen Schicht zu erklären, das bisherige Verständnis von Embryonalentwicklung so grundlegend veränderte, schmälern diese Fehler bei der Beschreibung der Organogenese seine gesamte, wissenschaftliche Leistung nicht. Man muss bei der rückblickenden Bewertung Panders Ergebnisse zudem bedenken, dass dies seine ersten, embryologischen Studien waren. Abschließend ist sein Werk als revolutionärer Wegweiser in der Wissenschaft der Embryologie des 19. Jahrhunderts zu werten, an welche zukünftige Embryologieforscher, wie Karl Ernst von Baer, in umfassenderen und genaueren Studien anknüpfen konnten, um so eine differenzierte Darstellung der Organogenese zu verfassen.

III. D'Altons Bildtafeln und deren wissenschaftliche Bedeutung für das Werk Panders

Die entscheidende Bedeutung D'Altons Kupfertafeln für die wissenschaftliche Qualität Panders Werk tritt noch deutlicher hervor, bedenkt man, dass niemand, außer Marcello Malpighi rund 150 Jahre vor D'Alton, die frühen Stadien der Embryonalentwicklung vergleichbar akkurat gezeichnet hatte.¹⁵⁶² So stellte D'Alton die Keimscheibe, die Bildung der Primitivfalten und die Abfaltung der Keimscheibe zum Neuralrohr und der Leibeswand des Embryos dar. Hierdurch trug er maßgeblich zur anschaulichen Darstellung Panders neueingeführten Konzepts der Entstehung des Embryos durch Abfaltung der Keimscheibe bei.¹⁵⁶³

Insgesamt fällt bei der Analyse von Panders Tafeln die Diskrepanz zwischen den dargestellten Strukturen und der zugehörigen Beschriftung der Entwicklungsprozesse auf. Dies ist so zu werten, dass D'Alton den Embryo sehr genau beobachtete und es ihm gelang, die gesehenen Strukturen akkurat abzubilden. Die erheblichen Unterschiede zwischen der Beschriftung Panders und den in den Figuren sichtbaren Strukturen,¹⁵⁶⁴ welche D'Alton darzustellen vermochte, bezeugt außerdem, dass D'Alton selbst mikroskopierte. Nur so konnte es dem Künstler gelingen, Strukturen, wie die anatomische Unterteilung der Gehirnbräuen in Prosencephalon und Rhombencephalon, zu zeichnen.¹⁵⁶⁵ Diese deutliche Untergliederung des Gehirns findet sich an keiner Stelle in Panders Werk beschrieben, sodass es nicht anzunehmen ist, dass D'Alton dies rein unter der

¹⁵⁶² Adelman 1966a, 982–1013: In Malpighis zweitem Werk *Appendix repetitas auctasque de ovo incubato observationes continens* finden sich im Anhang Bildtafeln, von denen die Tafeln I und II die Keimscheibe mit den Primitivfalten, den Neuralfalten, dem Neuralrohr, den Somiten und der Chorda dorsalis zeigen.

¹⁵⁶³ Pander 1817a, Tafeln I-III: Die ersten drei Tafeln stellen die Bildung des embryonalen Körpers durch Abfaltung der Keimscheibe dar.

¹⁵⁶⁴ Ebd., 34: Pander beschriftete die Figur IX der Tafel II; auf welcher eindeutig die Unterteilung des Gehirns zu erkennen ist, nur damit, dass man hier „mehrere Zellen“, welche vom Umschlag der Primitivfalten gebildet wurden, erkennen konnte.

¹⁵⁶⁵ Ebd., Tafel II; Figur IX; Tafel III; Figur III, IV.

bloßen Anleitung Panders zeichnete. Es gelang dem Künstler hierbei, jedes anatomische Detail zu berücksichtigen, sodass sich die Abbildungen insgesamt durch eine äußerst realitätsnahe und akkurate, künstlerische Qualität auszeichnen.

Die größte Bedeutung für das wissenschaftliche Verständnis von Panders Arbeit ist der ‚*Tafel der Durchschnitte*‘¹⁵⁶⁶ beizumessen. Diese stellte Panders neues Konzept, die Bildung des Embryos durch die Abfaltung einer blattförmigen Anlage zu erklären, anschaulich dar und trug so wesentlich zum Verständnis von Panders neueingeführten Modell der Embryonalentwicklung bei. Zwar ist auch die Beschriftung der ektodermalen Kopfscheide, des mesodermalen Herzens und des endodermalen Vorderdarms auf dieser Tafel nicht korrekt,¹⁵⁶⁷ dennoch bleiben die Figuren der ‚*Tafel der Durchschnitte*‘ grundlegend für das Verständnis von Panders Keimblatttheorie. Die Tafeln insgesamt betrachtend, ist aufgrund der mangelhaften Beschriftung der einzelnen, dargestellten Strukturen und der fehlerhaften Zuordnung dieser zur jeweiligen Keimschicht, davon auszugehen, dass weder Pander noch D’Alton zu einem tiefgreifenden, detailreichen Verständnis in der differenzierten Beschreibung der Organogenese gelangten.

¹⁵⁶⁶ Pander 1817a, *Tafel der Durchschnitte*.

¹⁵⁶⁷ Ebd., 40–42: Die Anlage des Vorderdarms aus dem Endoderm, die des Herzens aus dem Mesoderm und die ektodermale Kopfscheide werden in der Beschriftung nicht klar voneinander unterschieden.

IV. Der Einfluss Panders Werk auf die Embryologieforschung des beginnenden 19. Jahrhunderts

Panders Werk, kann, nach der Arbeit Wolffs, als entscheidend dafür angesehen werden, in der Embryologieforschung die These der Epigenese endgültig anzunehmen. Fundamental bewies Pander mit seinen Ergebnissen, dass sich der Embryo aus einer einfachen, blattförmigen Anlage herausbildete.¹⁵⁶⁸ Dies trug dazu bei, dass sich das epigenetische Verständnis der Embryonalentwicklung zunächst als allgemein gültig etablierte.¹⁵⁶⁹

Allerdings stieß auch Panders Arbeit, so wie die von Wolff, auf erhebliche Verständnisschwierigkeiten seiner wissenschaftlichen Kollegen.¹⁵⁷⁰ Einerseits war Panders Stil von vorneherein schwer verständlich zu lesen. Zudem ist die Abfaltung der Keimscheibe zum Körper des Embryos und die Ausbildung der primitiven Organanlagen daraus ein derart komplizierter Prozess, dass die anschauliche Beschreibung ohne schematische Abbildungen unmöglich ist. Diesen Punkt bemängelte Lorenz Oken ausführlich in seiner Rezension von Panders Werk.¹⁵⁷¹ Hierauf reagierte Pander adäquat und zeigte in seinem Antwortbrief an Oken,¹⁵⁷² dass es ihm tatsächlich möglich war, den Prozess der Organogenese differenzierter darzustellen und das Keimblattmodell verständlicher und übersichtlicher anhand schematisierter Zeichnungen darzulegen.¹⁵⁷³ Erstmals gelang es Pander, im Vergleich zu seinen vorherigen Beschreibungen in seinen

¹⁵⁶⁸ Schmuck 2010, 106–108.

¹⁵⁶⁹ Ebd., 247: Vgl. hierzu Schmucks These, dass man im beginnenden 19. Jahrhundert selbstverständlich von einer epigenetischen Entwicklung des Embryos ausging.

¹⁵⁷⁰ Adelman 1966c, 1714: „*As with Wolff, it was inevitable that Pander too should not have been understood. [...] Von Baer describes so vividly how difficult it was for him and his contemporaries to understand them [...].*“

¹⁵⁷¹ Oken 1817, 1531–1540.

¹⁵⁷² Pander 1818, 512–524.

¹⁵⁷³ Oken 1818, Tafel 8; Neue Tafel der Durchschnitte.8: Diese zeigt die überarbeiteten ‚*Ideellen Zeichnungen*‘, welche im Vergleich zur ursprünglichen ‚*Tafel der Durchschnitte*‘ von 1817 noch schematisierter ist.

„Beiträgen“,¹⁵⁷⁴ in den Grundzügen korrekt darzulegen, welches Organ sich aus welcher Schicht der Keimscheibe entwickelte.¹⁵⁷⁵ Dennoch erzielte Pander bei Oken keine Einsicht, obwohl er sich mit seinem Antwortbrief erhofft hatte.¹⁵⁷⁶

Viel mehr war es erst Karl Ernst von Baer, der rund 10 Jahre später, nach eigenen, ausführlichen Untersuchungen am Hühnerembryo befähigt war, an Panders Ergebnisse anzuknüpfen.¹⁵⁷⁷ Dass Panders Arbeit hierbei den Grundstein für seine eigene Arbeit war, wenngleich er anfangs ebenso Probleme hatte, das Werk seines Freundes und Kollegen zu verstehen, so betonte Baer diese Tatsache mehrmals in der Einleitung zu seinem Werk *„Entwicklungsgeschichte der Thiere“*.¹⁵⁷⁸

¹⁵⁷⁴ Pander 1817a, 22: Nur sehr rudimentär ordnete Pander dem jeweiligen Organsystem eine Gewebeschicht der Keimscheibe zu, aus welcher sie entstand. Das Ektoderm bildete die Leibeswand, den Kopf und das Amnion laut Pander. Endoderm und Mesoderm bildeten den Darm und das Mesenterium. Eine genauere Zuordnung brachte er nicht an.

¹⁵⁷⁵ Pander 1818, 515–516.

¹⁵⁷⁶ Oken 1818, 524: Oken hielt weiter an seiner Annahme fest, dass der Körper des Embryos aus einer Blase heraus, und nicht etwa aus einer blattförmigen Anlage entstand.

¹⁵⁷⁷ Schmitt 2005, 4.

¹⁵⁷⁸ Baer 1828, 5–6.

V. Die Rolle naturphilosophischer Motive bei Panders entwicklungs- geschichtliche Untersuchungen

Was Panders eigene Intention und Motivation bei seinen Forschungen betrifft, so stellte er in seinem Erstwerk klar heraus, sich nur auf rationale Beschreibungen zu konzentrieren, um ein möglichst umfassendes Bild der Entstehungsgeschichte aufzeigen zu können.¹⁵⁷⁹ Dadurch, dass Panders embryologisches Erstwerk deskriptiv verfasst war und auf einer empirisch fundierten Methodik beruhte, rückten naturphilosophische Interpretationen selbstverständlich zuerst in den Hintergrund. Dennoch ist dies nicht so zu verstehen, dass Pander nicht beabsichtigte, hieraus „*physiologische Ideen*“¹⁵⁸⁰ abzuleiten, wie er selbst philosophisch begründete Thesen nannte.

Betrachtet man Panders Gesamtwerk zu Entstehungsgeschichte, wozu auch die Reihe der ‚*Vergleichenden Osteologie*‘ gemeinsam mit D’Alton zählt, wird schnell deutlich, dass Panders deskriptive, erste Arbeit zur Hühnerembryologie durchaus als naturphilosophisch motiviert zu werten ist.¹⁵⁸¹ Auch die Tatsache, dass Ignaz Döllinger, welcher maßgeblich von Schellings Naturphilosophie beeinflusst worden war,¹⁵⁸² in seinen entwicklungsgeschichtlichen Forschungen immer die Studien der Individualentwicklung und der Entwicklung der Arten gemeinsam für ein umfassendes Verständnis vorausgesetzt hatte,¹⁵⁸³ bestärkt diese Annahme, war er doch der unmittelbare Lehrer und Mentor Panders. Im völligen Einklang mit diesem ganzheitlichen Ansatz seines

¹⁵⁷⁹ Pander 1817a, 29–30.

¹⁵⁸⁰ Ebd., 30.

¹⁵⁸¹ Schmuck 2010, 102.

¹⁵⁸² Ebd., 63–68.

¹⁵⁸³ Döllinger 1805, 146: Beispielsweise ist hier Döllingers Diskussion der epigenetischen und präformistischen Sichtweise der Entstehungsgeschichte anzubringen, wobei er zwischen Ontogenese und Phylogenese differenzierte: „*Haben sich die Anhänger der Einschachtelungstheorie die Frage, wie organische Körper durch die Zeugung entstehen, entweder gar nicht gedacht, oder durch die Berufung an die erschaffende Allmacht gelöst, so hat auf der anderen Seite die Lehre der allmählichen Bildung (theoria epigeneseos) keine Antwort auf die Frage, welche in der Evolutionstheorie [Präformationstheorie], freylich sehr handgreiflich, gelöst war; denn diese Ansicht [Epigenese] reicht zwar hin, die Entstehung einzelner organischer Körper aus andern zu erklären, ist aber ausser Stande, zu zeigen, warum vermöge der Bildungstrieb durch die Zeugung nur immer die Gattungen erhalten werde.*“

Lehrers beschrieb Pander später in seiner ‚*Vergleichenden Osteologie*‘, dass die Studien zur Hühnchenentwicklung nur ein Baustein gewesen waren, um eben dieses ganzheitliche Verständnis zur Entstehung und Veränderlichkeit des Lebens an sich zu erlangen.¹⁵⁸⁴ Die Entstehung der Arten, sowie die Individualentwicklung umfassend zu untersuchen, um ein ganzheitliches Verständnis zu erreichen,¹⁵⁸⁵ findet sich bei Pander völlig analog zu der naturphilosophisch geprägten Motivation seines Lehrers Döllingers.

Insbesondere Panders embryologisches Werk betrachtend, zeichnet sich hier der beginnenden Wandel der naturphilosophisch motivierten Naturforschung ab, welche sich im Lauf des 19. Jahrhunderts einer rationalen und empirischen Forschungsmethodik zuwandte.¹⁵⁸⁶ Die Diskrepanz zwischen empirischer Forschungsmethodik und metaphysisch begründeter Motivation, entwicklungsgeschichtlichen Forschungsfragen überhaupt erst nachzugehen, blieb abschließend auch bei Pander bestehen. Aufgrund eben dieser fundierten, empirischen Methodik war es Pander möglich, das Modell des Keimblattkonzepts neu aufzustellen, was zu einer revolutionären Erneuerung des Verständnisses der Embryonalentwicklung des beginnenden 19. Jahrhunderts führte.

¹⁵⁸⁴ Schmitt 2005, 6.

¹⁵⁸⁵ Schmuck 2010, 102.

¹⁵⁸⁶ Ebd., 245–246: Vgl. hierzu Schmucks These, dass sich die Embryologieforschung zwar methodisch gesehen von der spekulativ fundierten Naturphilosophie entfernte, die Naturphilosophie aber weiterhin eine große Bedeutung für die Motivation embryologischer Forschungen war.

VI. Ausblick: Das Keimblattmodell im Mittelpunkt embryologischer Forschungen

Christian Heinrich Panders Arbeit ist in der Gesamtschau der Werke des 19. Jahrhunderts als Pionierleistung der rationalen Embryologieforschung zu werten, worauf im Anschluss Karl Ernst von Baer aufbauen konnte.¹⁵⁸⁷ In Baers Werk ‚*Entwicklungsgeschichte der Thiere*‘ stellte er Panders erste, neue Erkenntnisse zur Embryonalentwicklung des Huhns klar als Ansatzpunkt für seine eigenen Untersuchungen am Hühnerembryo hervor.¹⁵⁸⁸ Er beschrieb die Entstehung des Hühnchens aus den Keimblättern heraus differenzierter und baute das vorab von Pander eingeführte Konzept, dass der Körper des Huhns sich durch Abfalten bildete, anschaulich und präzise aus.¹⁵⁸⁹

Neben diesen grundlegenden Verbesserungen an Panders erstem Keimblattmodell gelang es Baer außerdem, als erster Embryologieforscher die Chorda dorsalis zu beschreiben und diese als eine grundlegende, anatomische Struktur für alle Wirbeltiere zu erkennen, welche Pander vorher fälschlicherweise als Rückenmark des Vogels verkannt hatte. Ebenso entdeckte Baer die Anlage der Kiemenbögen in der Embryonalentwicklung des Vogels. Nicht nur zur weiteren Erforschung der Embryonalentwicklung des Huhns lieferte Baer weitreichende Erkenntnisse. Indem er die Chorda dorsalis und die Kiemenbögen als spezifische Merkmale beschrieb, waren seine neuen Entdeckungen auch für die weitere Erforschung der Entstehung der Arten relevant.¹⁵⁹⁰

Insgesamt etablierte sich Panders erste Forschungsarbeit als valider Ausgangspunkt embryologischer Forschungen, sodass Burdach Panders Thesen in sein eigenes Lehrbuch der Physiologie übernahm, wodurch Panders Wissen einem weiter gefassten Kreis an naturwissenschaftlich Interessierten zugänglich gemacht wurde.¹⁵⁹¹ Darüber

¹⁵⁸⁷ Schmitt 2005, 4.

¹⁵⁸⁸ Baer 1828, 5–6.

¹⁵⁸⁹ Bäumer-Schleinkofer 1993, 231–235.

¹⁵⁹⁰ Ebd., 242–244.

¹⁵⁹¹ Schmuck 2010, 87.

hinaus berief sich Döllinger auf die Ergebnisse seines Schülers, einerseits, indem Döllinger die Embryologie des Huhns in eine Vorlesung integrierte,¹⁵⁹² andererseits, indem er anhand Panders Beschreibungen die ersten Bildtafeln Marcello Malpighis neu analysierte und besprach.¹⁵⁹³ Weitere Forscher sollten von Panders Einführung des Keimblattkonzepts profitieren. Eine spätere, entscheidende Entdeckung im Jahr 1830 prägte das Verständnis der Embryonalentwicklung. Schwann und Schleiden führten die Zelltheorie neu ein, sodass dies eine völlig neue Sichtweise auf embryonale Gewebe ermöglichte.¹⁵⁹⁴ Indem Robert Remak im Jahr 1842 in seiner Beschreibung des Keimblattmodells die Zelltheorie berücksichtigte, war ein weiterer, wesentlicher Schritt zum vollständigen, wissenschaftlichen Verständnis der Embryonalentwicklung erreicht.¹⁵⁹⁵

¹⁵⁹² Ebd., 62.: Direkt nach Abschluss von Panders Promotionsprojekt hielt Döllinger im Sommersemester 1817 eine Vorlesung über die Embryologie des Huhns.

¹⁵⁹³ Döllinger 1818a, 2-14: Besonders in diesem Abschnitt finden sich mehrere Verweise zu Pander. S. hierzu genauer Abschnitt IV. 1.b.

¹⁵⁹⁴ Schmuck 2010, 110.

¹⁵⁹⁵ Ebd., 113–114.

Literaturverzeichnis

Primärliteratur

Archiv des Juliusspitals Nr. 4459 (1818): Archiv des Juliusspitals Nr. 4459, „Bitte Ignaz Döllingers ein Microscopium compositum für das Anatomische Theater anzuschaffen; Bestätigung des Erhalts desselben“, 4459 (6) (1818), Archiv des Juliusspitals.

ARS: Archiv des Rektorats und Senats der Universität Würzburg 418 (1804;): ARS: Archiv des Rektorats und Senats der Universität Würzburg 418, „14.01.1804:Untertänigstes Ansuchen die Lehrstelle der Anatomie mit jener der Physiologie zu verbinden von Doctor und Professor Döllinger 12.02.1804: Bitte der medizinischen Section um Berufung eines geeigneten Professors, falls sich keiner findet, soll Döllinger die Professur der Anatomie bekommen 18.09.1805: Döllinger soll Anatomie, Vergleichende Anatomie in der Verbindung mit der Physiologie lesen; Hesselbach soll die Präparierkurse halten 18.02.1807: Döllinger bittet um Dispens von der Anatomie, 4 Fächer für 2 Jahre gelehrt, Gesundheit leidet 02.11.1807: Döllinger soll wieder provisorisch Anatomie lesen 14.11.1811: Großherzog hat Döllinger am 03.11. den Lehrstuhl der Anatomie endgültig übertragen“. ARS Archiv des Rektorats und Senats; Akte UAwü ARS 418, IV. Personalakten, Ignaz Döllinger; digitale Reproduktion in Dissertation genutzt, UAWü ARS 418 (14.1.1804;), Würzburg.

Baer (1828): Karl Ernst von Baer, „Ueber Entiwcklungsgeschichte der Thiere: Beobachtung und Reflexion“. In: Deutsches Textarchiv <http://www.deutschestextarchiv.de/baer_thiere_1828>, urn:nbn:de:kobv:b4-25113-0 , abgerufen am 14.11.2018. 1, MBLWHOI Library, QL955 Baer (1 (1828), Königsberg. http://www.deutschestextarchiv.de/baer_thiere_1828 (Stand 14.11.2018).

Baer (1837): Karl Ernst von Baer, „Ueber Entiwcklungsgeschichte der Thiere: Beobachtung und Reflexion“. In: Deutsches Textarchiv <http://www.deutschestextarchiv.de/baer_thiere_1828>, urn:nbn:de:kobv:b4-25114-5, abgerufen am 14.11.2018 2, MBLWHOI Library, QL955 Baer (2) (1837), Königsberg. http://www.deutschestextarchiv.de/baer_thiere_1837 (Stand 14.11.2018).

Baer (1866): Karl Ernst von Baer, „Nachrichten über Leben und Schriften des Herrn Geheimraths Dr. Karl Ernst von Baer, mitgetheilt von ihm selbst: veröffentlicht bei Gelegenheit seines fünfzigjährigen Doctor-Jubiläums am 29. August 1864“. Digitalisat des Münchener Digitalisierungszentrums URN: urn:nbn:de:bvb:12-

- bsb10069144-9, Biogr. 3254 b (1866), St. Petersburg. <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10069144-9> (Stand 7.12.2017).
- Döllinger (1803): Ignaz Döllinger, „Ueber die Metamorphose der Erd- und Steinarten aus der Kieselreihe“. Digitalisat des Münchener Digitalisierungszentrums MDZ URN: [urn:nbn:de:bvb:12-bsb10706525-6](http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10706525-6), BHS II B19 (1803), Erlangen, Palm Verlag. <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10706525-6> (Stand 24.11.2018).
- Döllinger (1805): Ignaz Döllinger, „Grundriß der Naturlehre des menschlichen Organismus“. Digitalisat des Münchener Digitalisierungszentrums MDZ URN: [urn:nbn:de:bvb:12-bsb10368149-2](http://opacplus.bsb-muenchen.de/title/BV001582084/ft/bsb10368149?page=23), Anat. 141 r (1805), Bamberg, Wirzburg, Verlag Goebhard. <http://opacplus.bsb-muenchen.de/title/BV001582084/ft/bsb10368149?page=23> (Stand 24.11.2018).
- Döllinger (1814a): Ignaz Döllinger, „Beyträge zur Entwicklungsgeschichte des menschlichen Gehirns“. Digitalisat des Münchener Digitalisierungszentrums MDZ URN: [urn:nbn:de:bvb:12-bsb10315749-3](http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10315749-3), 2 Anat. 17m (1814), Frankfurt am Main. <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10315749-3> (Stand 26.11.2018).
- Döllinger (1814b): Ignaz Döllinger, „Ueber den Werth und die Bedeutung der vergleichenden Anatomie ein Programm“. Digitalisat des Münchener Digitalisierungszentrums MDZ URN: [urn:nbn:de:bvb:12-bsb11105979-7](http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb11105979-7), 999/Med.217 (1814), Würzburg. <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb11105979-7> (Stand 26.11.2018).
- Döllinger (1816): Ignaz Döllinger, „Versuch einer Geschichte der menschlichen Zeugung“. Digitale Sammlungen der Bauhaus-Universität Weimar; Zeitschriftenaufsatz in "Deutsches Archiv für Physiologie", Band 2, in: *Deutsches Archiv für Physiologie*, 388–402.
- Döllinger (1818a): Ignaz Döllinger, „Solemnia academica ab universitate Maximiliano Julio Caroli Theodori de Dalberg principis eminentissimi de bibliotheca universitatis optime meriti statuam mediam ex marmore ibidem collocatura“. Enth. außerdem: Malpighi, Marcello: Iconum ad historiam ovi incubati spectantium censurae specimen 1, UBW-ID: 527307 (1818), Wirceburgi, 1–14.
- Döllinger (1818b): Ignaz Döllinger, „Über das Strahlenblättchen im menschlichen Auge“. Digitalisat des Münchener Digitalisierungszentrum MDZ URN:

- urn:nbn:de:bvb:12-bsb10330780-6, 4 Anat. 61 n (1818), Erlangen. <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10330780-6> (Stand 26.11.2018).
- Döllinger (1829): Ignaz Döllinger, „Nachricht von einem verbesserten aplanatischen Mikroskop aus dem optischen Institut Utzschneider und Fraunhofer zu München“. Digitalisat der ETH-Bibliothek Zürich, Rar 5173 (1829), München. <http://doi.org/10.3931/e-rara-3800> (Stand 24.11.2018).
- Hartenkeil u.a. (1818): J. J. Hartenkeil, G. I. Laschan u. F. X. Mezler, „Medicinisch-chirurgische Zeitung, hrsg. von J(ohann) J(acob) Hartenkeil und F(ranz) X(aver) Mezler“. Zeitschriftenaufsatz von Gruithuisen in der Medizinisch-chirurgischen Zeitung; enthalten in der Sammlung von Handschriften und alten Drucken der Österreichischen Nationalbibliothek Bd. 114, Exemplar/Standort: 310.771-B (1818), Salzburg, 305–315. <http://data.onb.ac.at/rec/AC10474517> (Stand 7.3.2019).
- Hollmann (1783): Samuel Christian Hollmann, „Nöthiger Unterricht von Barometern, und Thermometern: Nebst zuverlässiger Nachricht von den, seit 1743 und 1752, allhier verfertigten, beyden Arten“. Digitalisat des Münchener Digitalisierungszentrums MDZ URN: urn:nbn:de:bvb:12-bsb10133925-4, Phys.sp. 304 (1783), Göttingen. <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10133925-4> (Stand 11.12.2018).
- Kanz (2003): Kai Torsten Kanz, „Christian Gottfried Nees von Esenbeck. Briefwechsel mit Johann Wolfgang von Goethe nebst ergänzenden Schreiben“, in: Menso Folkerts (Hg.), *Acta Historica Leopoldina*, Stuttgart.
- Knorre (1973): Heinrich von Knorre, „17 Briefe von Christian Heinrich Pander (1794-1865) an Karl Ernst von Baer (1792-1876)“, in: Hans-Jürgen Krüger (Hg.), *Archivische Fundstücke zu den russisch-deutschen Beziehungen. Erik Amburger zum 65. Geburtstag*, Berlin, 89–116.
- Kölliker (1871): Albert von Kölliker, „Zur Geschichte der medicinischen Facultät an der Universität Würzburg. Rede zur Feier des Stiftungstages der Julius-Maximilians-Universität, gehalten ... am 2. Januar 1871“. Digitalisat des Münchener Digitalisierungszentrums MDZ URN: urn:nbn:de:bvb:12-bsb10982763-6, 4 Bavar. 2139-1871 (1871), Würzburg. <http://opacplus.bsb-muenchen.de/title/BV008076168/ft/bsb10982763?page=5> (Stand 26.11.2018).

- Königlich-baierisches Intelligenzblatt für das Großherzogtum (1816): Königlich-baierisches Intelligenzblatt für das Großherzogtum, „Ordnung der Vorlesungen an der königl. Universität zu Würzburg für das Sommer-Semester 1816“. Digitalisat des Münchener Digitalisierungszentrums MDZ; URN: urn:nbn:de:bvb:12-bsb10345880-1, in: *Königlich-baierisches Intelligenzblatt für das Großherzogtum Würzburg*, 745–748.
- Oken (1805): Lorenz Oken, „Die Zeugung“. Digitalisat des Münchener Digitalisierungszentrums MDZ URN: urn:nbn:de:bvb:12-bsb10076237-7, H.nat. 339 e (1805), Bamberg u.a. <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10076237-7> (Stand 14.11.2018).
- Oken (1806): Lorenz Oken, „Herausgegeben von Dr. Oken, Privatdocent und Assessor der Königl. Societät der Wissenschaften zu Göttingen: und Dr. Kieser Stadtphysicus zu Nordheim Beiträge zur vergleichenden Zoologie, Anatomie und Physiologie / 1“. Digitalisat des Münchener Digitalisierungszentrums MDZ, URN: urn:nbn:de:bvb:12-bsb10231693-8 1, 4 Zool. 269-1/2, Bamberg, Würzburg. <http://opacplus.bsb-muenchen.de/title/BV010191700/ft/bsb10231693?page=7> (Stand 8.9.2020).
- Oken (1817): Lorenz Oken (Hg.), *Isis. oder Encyclopädische Zeitung*, Jena.
- Oken (1818): Lorenz Oken (Hg.), *Isis: encyclopädische Zeitschrift, vorzügl. für Naturgeschichte, vergleichende Anatomie und Physiologie. Entwicklung des Kuchels*.
- Pander (1817a): Christian Heinrich Pander, „Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des Hühnchens im Eye“. Digitalisierung des Münchener Digitalisierungszentrums MDZ URN: urn:nbn:de:bvb:12-bsb10315830-0, 2 Anat. 49 (1817), Würzburg. <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10315830-0> (Stand 26.11.2018).
- Pander (1817b): Christian Heinrich Pander, „Dissertatio inauguralis sistens historiam metamorphoseos, quam ovum incubatum prioribus quinque diebus subit“. Digitalisat des Münchener Digitalisierungszentrums MDZ URN: urn:nbn:de:bvb:12-bsb11080828-7, 999/A.Diss.18461 (1817), Wirceburgi (Würzburg). <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb11080828-7> (Stand 26.11.2018).
- Pander (1818): Christian Heinrich Pander, „Die Entwicklung des Kuchels“, in: Lorenz Oken (Hg.), *Isis: encyclopädische Zeitschrift, vorzügl. für Naturgeschichte, vergleichende Anatomie und Physiologie. Entwicklung des Kuchels*, 512–524.

- Riha (2012): Ortrun Riha (Hg.), *Botanik und Leidenschaft. Der Briefwechsel zwischen Christian Gottfried Nees von Esenbeck, Elisabeth Nees von Esenbeck und Karl Ernst von Baer*, Aachen.
- Samuel (1816): Josephus Samuel, „De ovorum mammalium velamentis“. Digitalisat des Münchner Digitalisierungszentrums MDZ; URN: urn:nbn:de:bvb:12-bsb11107628-8, 999/Med.2083 (1816), Würzburg. <http://opacplus.bsb-muenchen.de/title/BV010226684/ft/bsb11107628?page=4> (Stand 28.11.2018).
- Schönlein (1816): Johann Lukas Schönlein, „Von der Hirnmetamorphose“. Digitalisat des Münchener Digitalisierungszentrums MDZ, URN: urn:nbn:de:bvb:22-dtl-0000001297, Diss. 1433#Beibd.8; Don.Lud. 1051=Verlust (1816), Würzburg. <http://opacplus.bsb-muenchen.de/title/BV010187439/ft/bsb10844472?page=10> (Stand 28.11.2018).
- Schröder (1893): Leopold von Schröder, „Jugendbriefe K. E. v. Baers an Waldemar v. Ditmar. Vortrag, gehalten am 19. Februar 1893 zur Feier des 101. Geburtstages K. E. v. Baers“, *Baltische Monatsschrift* 35, H. 40, 264–281.
- Staatsarchiv Würzburg, Großherzogtum Würzburg, Universitätskuratel Nr. 9 (1809-1810): Staatsarchiv Würzburg, Großherzogtum Würzburg, Universitätskuratel Nr. 9, „Beschwerde über Prof. Döllinger, da dieser allgemeine und spezielle Therapie unangekündigt gelesen hatte“. Handschriftliche Briefe zwischen Döllinger, Spindler und, Universitätskuratel Nr. 9 (1809-1810), Würzburg.
- Tredern (1808): Ludwig Sebastian ab Tredern, „Dissertatio inauguralis medica sistens ovi avium historiae et incubationis prodromum. cum tab.“. Digitalisat des Münchener Digitalisierungszentrums MDZ; URN: urn:nbn:de:bvb:12-bsb10978541-9, urn:nbn:de:bvb:12-bsb10978541-9 (1808), Jena. <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10978541-9> (Stand 18.2.2019).
- Virtuelle Bibliothek Würzburg (1803): Virtuelle Bibliothek Würzburg, „Würzburger Vorlesungsverzeichnisse 1785-1945“. WS 1803-1804, 00/Rp 14,525 (1803), Würzburg, 9–12. http://vb.uni-wuerzburg.de/ub/permalink/00rp14525ws1785ws1810_105504923-292 (Stand 5.12.2018).
- Virtuelle Bibliothek Würzburg (1804): Virtuelle Bibliothek Würzburg, „Vorlesungsverzeichnisse der Universität Würzburg 1785-1945“. Vorlesungsverzeichnis des

- Sommersemesters 1804 (1804), 12–14. http://vb.uni-wuerzburg.de/ub/permalink/00rp14525ws1785ws1810_105504923-307 (Stand 5.12.2018).
- Virtuelle Bibliothek Würzburg (1805): Virtuelle Bibliothek Würzburg, „Würzburger Vorlesungsverzeichnis 1785-1945“. Vorlesungsverzeichnis des Sommersemesters 1805 (1805), 15–19. http://vb.uni-wuerzburg.de/ub/permalink/00rp14525ws1785ws1810_105504923-347 (Stand 5.12.2018).
- Virtuelle Bibliothek Würzburg (1807): Virtuelle Bibliothek Würzburg, „Würzburger Vorlesungsverzeichnis 1785-1945“. Vorlesungsverzeichniss des Sommersemesters 1807 (1807). http://vb.uni-wuerzburg.de/ub/permalink/00rp14525ws1785ws1810_105504923-414 (Stand 5.12.2018).
- Virtuelle Bibliothek Würzburg (1809a): Virtuelle Bibliothek Würzburg, „Würzburger Vorlesungsverzeichniss 1785-1945“. Vorlesungsverzeichniss des Sommersemesters 1809 (1809), Würzburg, 11–15. http://vb.uni-wuerzburg.de/ub/permalink/00rp14525ws1785ws1810_105504923-477 (Stand 5.12.2018).
- Virtuelle Bibliothek Würzburg (1809b): Virtuelle Bibliothek Würzburg, „Würzburger Vorlesungsverzeichnisse 1785-1945“. Vorlesungsverzeichnis des Wintersemesters 1809-1810 (1809), Würzburg. http://vb.uni-wuerzburg.de/ub/permalink/00rp14525ws1785ws1810_105504923-489 (Stand 5.12.2018).
- Virtuelle Bibliothek Würzburg (1816): Virtuelle Bibliothek Würzburg, „Würzburger Vorlesungsverzeichnis 1785-1945“. Vorlesungsverzeichnis des Sommersemesters 1816 (1816), Würzburg, 15–16. http://vb.uni-wuerzburg.de/ub/permalink/00rp14525ss1810ws18201821_105504924-190 (Stand 6.12.2018).
- Walter (1841): Philipp Franz von Walter, „Rede zum Andenken an Iganz Dölinger Dr. in der Feier des Allerhöchsten Nams- und Geburtstages Sr. Majestät des Königs am 25. August 1841 gehaltene öffentliche Sitzung der königl. Bayerischen Akademie der Wissenschaften“. Digitalisat des Münchener Digitalisierungszentrums MDZ URN: [urn:nbn:de:bvb:12-bsb10336286-2](http://nbn:de:bvb:12-bsb10336286-2), 4 Bavar. 2132 s-1/5#Beibd.2 (1841), München. <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10336286-2> (Stand 26.11.2018).

Sekundärliteratur

- Adelmann (1966a): Howard B. Adelmann, *Marcello Malpighi and the evolution of embryology*, Ithaca, New York.
- Adelmann (1966b): Howard B. Adelmann, *Marcello Malpighi and the evolution of embryology*, Ithaca, New York.
- Adelmann (1966c): Howard B. Adelmann, *Marcello Malpighi and the evolution of embryology*, Ithaca, New York.
- Bäumer-Schleinkofer (1993): Anne Bäumer-Schleinkofer, *Die Geschichte der beobachtenden Embryologie. Die Hühnchenentwicklung als Studienobjekt über zwei Jahrtausende*, Frankfurt am Main, Berlin.
- Bellairs/Osmond (2014): Ruth Bellairs u. Mark Osmond, *The atlas of chick development*, Burlington.
- Berg/Freund (1963): Alexander Berg u. Hugo Freund, „Einleitung“, in: Hugo Freund u. Alexander Berg (Hgg.), *Geschichte der Mikroskopie. Leben und Werk grosser Forscher*, Frankfurt am Main, 1–45.
- Borlinghaus (2016): Rolf Theodor Borlinghaus, *Unbegrenzte Lichtmikroskopie. Über Auflösung und Super-Hochauflösung und die Frage, ob man Moleküle sehen kann*, Wiesbaden.
- Breidbach (2001): Olaf Breidbach (Hg.), *Lorenz Oken. (1779 - 1851) ; ein politischer Naturphilosoph ; [anlässlich der am 16./17. November 2000 veranstalteten Tagung des Fachbereichs Kultur der Stadt Offenburg ...]*, Weimar.
- Churchill (1991): Frederick B. Churchill, „The rise of Classical Descriptive Embryology“, in: Scott F. Gilbert (Hg.), *A conceptual history of modern embryology*, New York u.a, 1–30.
- Deutsche Biographie: Deutsche Biographie, „Wibel, August Wilhelm Eberhard Christoph“. Indexeintrag. <https://www.deutsche-biographie.de/pnd121547264.html> (Stand 7.12.2018).
- Dröscher (2001): Ariane Dröscher, „Lazzaro Spallanzani (1729-1799)“, in: Ilse Jahn u. Michael Schmitt (Hgg.), *Darwin & Co. Eine Geschichte der Biologie in Portraits*, München, 79–94.

- Dumont (2010): Franz Dumont, „Sömmering, Samuel Thomas von“, in: Historische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Hg.), *Neue Deutsche Biographie*, 532-533 (Online-Version).
- Elze (1990): Mirjam Elze, *Die Geschichte des anatomischen Instituts in Würzburg von 1582 bis 1849*, Würzburg.
- Falkenstein/Feisel (2017): Stephanie Falkenstein u. Reinhard Feisel, *200 Jahre BIG DATA in Sickershausen*, Kitzingen.
- Flitner (1964): Wilhelm Flitner, „Goethe, Johann Wolfgang von/seit 1782“, in: Historische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Hg.), *Neue Deutsche Biographie*, 546-575 (Online-Version).
- Freund/Berg (1963): Hugo Freund u. Alexander Berg (Hgg.), *Geschichte der Mikroskopie. Leben und Werk grosser Forscher*, Frankfurt am Main.
- Gerabek (1995): Werner E. Gerabek, *Friedrich Wilhelm Joseph Schelling und die Medizin der Romantik. Studien zu Schellings Würzburger Periode*. Zugl.: Würzburg, Univ., Habil.-Schr., 1995, u.d.T.: Gerabek, Werner E.: *Friedrich Wilhelm Joseph Schelling und die Medizin der romantischen Ära*, Frankfurt am Main.
- Gerabek (2001): Werner E. Gerabek, „Lorenz Oken und die Medizin der Romantik. Die Würzburger Zeit des Naturforschers (1804-1805)“, in: Olaf Breidbach (Hg.), *Lorenz Oken. (1779 - 1851) ; ein politischer Naturphilosoph ; [anlässlich der am 16./17. November 2000 veranstalteten Tagung des Fachbereichs Kultur der Stadt Offenburg ...]*, Weimar, 52–72.
- Gerabek (2005): Werner Gerabek, „Schelver, Franz Joseph (nicht: Friedrich Joseph)“, in: Historische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Hg.), *Neue Deutsche Biographie*, 661-662 (Online-Version).
- Gerabek (2007): Werner E. Gerabek, „Schönlein, Johann Lukas“, in: Historische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Hg.), *Neue Deutsche Biographie*, 419–420 (Online-Version).
- Harg/Kollesch (2004): G. Harg u. J. Kollesch, „Naturforschung und Naturphilosophie in der Antike“, in: Ilse Jahn u. Erika Krauß (Hgg.), *Geschichte der Biologie. Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiografien*, Hamburg, 48–87.
- Haus (2014a): Jörg Haus, *Optische Mikroskopie. Funktionsweise und Kontrastierverfahren*, Weinheim.

- Haus (2014b): Jörg Haus, *Optische Mikroskopie. Funktionsweise und Kontrastierverfahren*, Weinheim.
- Heklau/Schmidt (2004): Heike Heklau u. Isolde Schmidt, „Kurzbiographien. Blumenbach, Johann Friedrich“, in: Ilse Jahn u. Erika Krauß (Hgg.), *Geschichte der Biologie. Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiografien*, Hamburg, 780.
- Herrlinger (1959): Robert Herrlinger, „Döllinger, Ignaz. Ignaz Döllinger“. S. 20-21 [Online-Version]; URL: <https://www.deutsche-biographie.de/pnd118680048.html#ndbcontent>, in: Historische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Hg.), *Neue Deutsche Biographie*, 20–21 (Online Version).
- Holzmann (1929): Adolf Holzmann, „Bernhard Mohr. Was gab es in Würzburg vor Virchow an pathologischer Anatomie und pathologisch-anatomischen Unterricht?“, *Virchows Archiv für Pathologische Anatomie und Physiologie und für Klinische Medizin* 272, H. 3, 531–572.
- Jahn (1999): Ilse Jahn, „Nees von Esenbeck, Christian Gottfried“, in: Historische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Hg.), *Neue Deutsche Biographie*, 26-28 (Online-Version).
- Jahn (2001): Ilse Jahn, „Caspar Friedrich Wolff“, in: Ilse Jahn u. Michael Schmitt (Hgg.), *Darwin & Co. Eine Geschichte der Biologie in Portraits*, München, 95–116.
- Jahn (2004a): Ilse Jahn, „„Biologie“ als allgemeine Lebenslehre“, in: Ilse Jahn u. Erika Krauß (Hgg.), *Geschichte der Biologie. Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiografien*, Hamburg, 275–301.
- Jahn (2004b): Ilse Jahn, „Biologische Fragestellungen in der Epoche der Aufklärung“, in: Ilse Jahn u. Erika Krauß (Hgg.), *Geschichte der Biologie. Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiografien*, Hamburg, 231–273.
- Jahn (2004c): Ilse Jahn, „Kurzbiographien. Darwin, Erasmus“, in: Ilse Jahn u. Erika Krauß (Hgg.), *Geschichte der Biologie. Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiografien*, Hamburg, 805.
- Jahn (2004d): Ilse Jahn, „Kurzbiographien. Haller, Albrecht von“, in: Ilse Jahn u. Erika Krauß (Hgg.), *Geschichte der Biologie. Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiografien*, Hamburg, 842.

- Jahn (2004e): Ilse Jahn, „Kurzbiographien. Malpighi, Marcello“, in: Ilse Jahn u. Erika Krauß (Hgg.), *Geschichte der Biologie. Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien*, Hamburg, 895.
- Jahn (2004f): Ilse Jahn, „Naturphilosophie und Empirie in der Frühaufklärung (17. Jh.)“, in: Ilse Jahn u. Erika Krauß (Hgg.), *Geschichte der Biologie. Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien*, Hamburg, 196–273.
- Jahn/Krauß (2004): Ilse Jahn u. Erika Krauß (Hgg.), *Geschichte der Biologie. Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien*, Hamburg.
- Kahle (1979): Erhart Kahle, „Koelliker, Albert Ritter von“, in: Historische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Hg.), *Neue Deutsche Biographie*, 322-323 (Online-Version).
- Keil (2002): G. Keil, „Eine Universität stellt sich vor. Julius-Maximilians-Universität Würzburg“, *Aktuelle Urologie* 33, H. 1, 46–52.
- Kleinschmidt (1955): Adolf Kleinschmidt, „Blumenbach, Johann Friedrich“, in: Historische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Hg.), *Neue Deutsche Biographie*, 329-330 (Online Version).
- Kohl (1992): F. Kohl, „Karl Ernst von Baer. 1792–1876 – Zum 200. Geburtstag des «Vaters der Embryologie»“, *DMW - Deutsche Medizinische Wochenschrift* 117, 51/52, 1976–1979.
- Kühnel (1989): Wolfgang Kühnel, *Taschenatlas der Zytologie, Histologie und mikroskopischen Anatomie. Für Studium und Praxis*, Stuttgart, New York.
- Mc Laughlin (1982): Peter Mc Laughlin, „Blumenbach und der Bildungstrieb. Zum Verhältnis von epigenetischer Embryologie und typologischem Artbegriff“, *Medizinhistorisches Journal* no. 4, Vol. 17, 357–372.
- Mettenleiter (2001): Andreas Mettenleiter, *Das Juliusspital in Würzburg*, Würzburg.
- Paululat/Purschke (2011): A. Paululat u. G. Purschke, *Wörterbuch der Zoologie. Tiernamen, allgemeinbiologische, anatomische, physiologische, ökologische Termini*, Heidelberg.
- Rajkov (1968): Boris Evgen'evic Rajkov, *Karl Ernst von Baer 1792-1876. Sein Leben und sein Werk*. Acta Historica Leopoldina, Abhandlungen aus dem Archiv für Geschichte der Naturforschung und Medizin der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina, Leipzig.

- Rajkov (1984): Boris E. Rajkov, *Christian Heinrich Pander. E. bedeutender Biologe u. Evolutionist; dt. Übers. mit Kommentaren u. engl. Kurzfassungen*, Frankfurt am Main.
- Richards (2017): Robert J. Richards, „Did Goethe and Schelling endorse Species Evolution?“, in: Joel Faflak (Hg.), *Marking Time: Romanticism and Evolution*, Toronto.
- Ries (2001): Klaus Ries, „Lorenz Oken als politischer Professor der Universität Jena (1807-1819)“, in: Olaf Breidbach (Hg.), *Lorenz Oken. (1779 - 1851) ; ein politischer Naturphilosoph ; [anlässlich der am 16./17. November 2000 veranstalteten Tagung des Fachbereichs Kultur der Stadt Offenburg ...]*, Weimar, 92–109.
- Roe (1979): Shirley A. Roe, „Rationalism and Embryology. Caspar Friedrich Wolff's Theory of Epigenesis“, *Journal of the History of Biology* 12, H. 1, 1–43.
- Rose (1987): Margaret Rose, „Eduard Joseph D'Alton and the Origin of Prince Albert's Collection“, *The Burlington Magazine* 129, H. 1013, 532–538.
- Rotschuh (1953): Karl Eduard Rotschuh, *Geschichte der Physiologie*, Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- Sarasin/Sommer (2015): P. Sarasin u. M. Sommer (Hgg.), *Evolution. Ein interdisziplinäres Handbuch*, Stuttgart, Weimar.
- Schmitt (2005): Stéphane Schmitt, „From eggs to fossils. Epigenesis and transformation of species in Pander's biology“, *The International journal of developmental biology* 49, H. 1, 1–8.
- Schmuck (2010): Thomas Schmuck, *Baltische Genesis. Die Grundlegung der Embryologie im 19. Jahrhundert*, Aachen.
- Schmuck (2011): Thomas Schmuck, „Metamorphosen. Christian Heinrich Pander (1794-1865) und die Evolution“, in: Ortrun Riha (Hg.), *Naturwissenschaft als Kommunikationsraum zwischen Deutschland und Russland im 19. Jahrhundert*, Aachen, 369–398.
- Schoenwolf (1997): Gary C. Schoenwolf, „Reptiles and Birds“, in: Scott F. Gilbert, Anne M. Raunio u. Nancy J. Haver (Hgg.), *Embryology. Constructing the organism*, Sunderland, Mass., 437–458.
- Sticker (1932): Georg Sticker, „Entwicklungs-geschichte der Medizinischen Fakultät an der Alma Mater Julia“, in: Max Buchner (Hg.), *Aus der Vergangenheit der*

Universität Würzburg. Festschrift Zum 350 Jährigen Bestehen der Universität, Berlin, Heidelberg, s.l., 383-757.

Struck (1977): Eckhard Struck, *Ignaz Döllinger 1770-1841 : ein Physiologe der Goethe-Zeit und der Entwicklungsgedanke in seinem Leben und Werk.*

Wagenmann (1880): Julius August Wagenmann, „Hollmann, Samuel Christian“, in: Historische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Hg.), *Allgemeine Deutsche Biographie*, 760-762 (Online-Version).

Zwiener (2004): Sabine Zwiener, „Johann Samuel Eduard d'Alton (1803-1854). Leben und Wirken“. Dissertation, Halle-Wittenberg.

Buchner/Julius-Maximilians-Universität Würzburg (1932): Max Buchner u. Julius-Maximilians-Universität Würzburg (Hgg.), *Aus der Vergangenheit der Universität Würzburg*, Berlin.