

Harald Siebert

Die ptolemäische *Optik* in Spätantike und byzantinischer Zeit

Historiographische Dekonstruktion,
textliche Neuerschließung,
Rekontextualisierung

Wissenschaftsgeschichte

Boethius Band 67

Franz Steiner Verlag

Harald Siebert
Die ptolemäische *Optik* in Spätantike
und byzantinischer Zeit

BOETHIUS

Texte und Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik
und der Naturwissenschaften

Begründet von Joseph Ehrenfried Hofmann, Friedrich Klemm
und Bernhard Sticker

Herausgegeben von Menso Folkerts

Band 67

Harald Siebert

Die ptolemäische *Optik* in Spätantike und byzantinischer Zeit

Historiographische Dekonstruktion, textliche
Neuerschließung, Rekontextualisierung



Franz Steiner Verlag

Gedruckt mit Unterstützung des Förderungs- und Beihilfefonds
Wissenschaft der VG Wort

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes
ist unzulässig und strafbar.

© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2014

Druck: Offsetdruck Bokor, Bad Tölz

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-515-10812-6 (Print)

ISBN 978-3-515-10825-6 (E-Book)

INHALT

INHALT	5
VORWORT	9
1. EINLEITUNG	13
1.1. FORSCHUNGSKONTEXT UND UNTERSUCHUNGSANSATZ.....	13
1.1.1. <i>Textliche Transformation vs Historiographie antiker Wissenschaft</i>	13
1.1.2. <i>Untersuchungsgegenstand „ptolemäische Optik“ (PO)</i>	20
1.1.2.1. <i>Textgrundlage</i>	20
1.1.2.2. <i>Inhalte und Bücher</i>	23
1.1.2.3. <i>Lejeunes Rekonstruktion</i>	27
1.1.3. <i>Ziel der vorliegenden Arbeit</i>	33
1.2. FORSCHUNGSSTAND ZU ÜBERLIEFERUNG UND AUTHENTIZITÄT.....	34
1.2.1. <i>Spätantiker Niedergang oder Fehlzuschreibung</i>	34
1.2.2. <i>Einwände gegen die Echtheit</i>	38
1.2.3. <i>Argumente für die Echtheit</i>	41
1.3. EINE REKONTEXTUALISIERUNG DER PTOLEMÄISCHEN <i>OPTIK</i>	44
1.3.1. <i>Die Frage nach der Rezeption</i>	44
1.3.2. <i>Die Frage nach der spätantiken Tradition</i>	46
TEIL 1 — HISTORIOGRAPHISCHE DEKONSTRUKTION	
2. DIE VIER ZITATE AUS EINER OPTIK DES PTOLEMAIOS.....	49
2.1. SIMPLIKIOS (CA. 490–560).....	50
2.1.1. <i>Das Zitat im Textzusammenhang</i>	50
2.1.2. <i>Das Zitat im Kontext der ptolemäischen Optik</i>	52
2.1.3. <i>Mögliche Deutungen</i>	54
2.1.4. <i>Zusammenfassung</i>	56
2.2. OLYMPIODOROS (CA. 500–NACH565)	57
2.2.1. <i>Das Zitat im Textzusammenhang</i>	57
2.2.2. <i>Das Zitat im Kontext der ptolemäischen Optik</i>	60
2.2.3. <i>Mögliche Deutungen</i>	64
2.2.4. <i>Zitierweise und Rhetorik</i>	69
2.2.5. <i>Zusammenfassung</i>	73
2.3. DAMIANOS (5./6. JH.).....	74
2.3.1. <i>Herkunft der Optischen Hypothesen</i>	74
2.3.3.1. <i>Datierung der Schrift</i>	74
2.3.3.2. <i>Identität des Damianos</i>	78
2.3.3.3. <i>Identität des Heliodoros</i>	81
2.3.2. <i>Das Zitat im Textzusammenhang</i>	83

2.3.3. <i>Optische Hypothesen und ptolemäische Optik – Lejeunes Rekonstruktion</i>	88
2.3.3.1. Das Sehmodell der geometrischen Optik.....	89
2.3.3.2. Konstante Sehkegelgröße	92
2.3.3.2.1. Der Sehkegel in den <i>Optischen Hypothesen</i>	92
2.3.3.2.2. Rückschlüsse auf eine Gesichtsfeldmessung.....	96
2.3.3.2.3. Der Sehkegel in der ptolemäischen <i>Optik</i>	101
2.3.3.2.4. Farbwahrnehmung und Sehkegelgröße	106
2.3.3.2.5. Metaphysische Größenbestimmung	113
2.3.3.3. Konstitution des Sehkegels.....	114
2.3.3.3.1. Laufbewegung der Sehstrahlen	114
2.3.3.3.2. Diskreter Sehkegel	129
2.3.3.3.3. Menge der Sehstrahlen	133
2.3.3.4. Heterogener Sehkegel.....	139
2.3.3.4.1. Mischform als Zwischenlösung.....	139
2.3.3.4.2. Genauer-Sehen in der euklidischen <i>Optik</i>	146
2.3.3.4.3. Achsensensitivität in den <i>Optischen Hypothesen</i>	150
2.3.3.4.4. Achsenstrahl in der ptolemäischen <i>Optik</i>	153
2.3.3.5. Natur des Sehkegels	160
2.3.3.5.1. Identität von Licht- und Sehstrahlen	160
2.3.3.5.2. Rückschlüsse auf Buch I der ptolemäischen <i>Optik</i>	163
2.3.3.5.3. Beziehung zwischen Licht und Sehen	173
2.3.3.5.4. Die eigene Natur des Sehens	188
2.3.4. <i>Zusammenfassung</i>	196
2.4. SYMEON SETH (2. H. 11. JH.)	201
2.4.1. <i>Das Zitat im Textzusammenhang</i>	201
2.4.2. <i>Das Zitat im Kontext der ptolemäischen Optik</i>	207
2.4.2.1. Atmosphärische Refraktion	207
2.4.2.2. Kosmologische Spekulationen	210
2.4.3. <i>Zitierweise und Rhetorik</i>	220
2.4.3.1. Eine Quelle für Seths Zitat	220
2.4.3.2. Fehlzuschreibungen bei Seth	229
2.4.4. <i>Zusammenfassung</i>	235
2.5. FAZIT	238

TEIL 2 — TEXTLICHE NEUERSCHLIESSUNG

3. DIE PTOLEMÄISCHE SEHTHEORIE.....	241
3.1. KONKURRIERENDE DEUTUNGEN.....	241
3.1.1. <i>Schlüsselstellen für eine ptolemäische Sehtheorie</i>	241
3.1.2. <i>Erklärungslücke in der ptolemäischen Optik</i>	247
3.1.3. <i>Smith vs Simon</i>	252
3.1.3.1. „pneumatic physiology“ oder „psychologie des facultés“.....	252
3.1.3.2. „Governing Faculty“ oder „pseudo-organe“.....	260
3.2. DIE SEHTHEORIE IM KONTEXT DES WERKES	266
3.2.1. <i>Die leitende Kraft (virtus regitiva) im Textzusammenhang</i>	267

3.2.1.1. <i>Virtus regitiva</i> und <i>visus</i> (II,22.23).....	268
3.2.1.2. <i>Virtus regitiva</i> und <i>sensus tactus</i> (II,76).....	272
3.2.1.3. <i>Tactus, visus, principium nervosum</i> (II,13).....	276
3.2.1.4. <i>Virtus regitiva</i> und <i>axis communis</i> (III,61).....	282
3.2.1.5. Das Leitende an der leitenden Kraft.....	297
3.2.2. Zwischenfazit: <i>Notwendigkeit einer Revision</i>	300
3.2.3. <i>Weitere Aspekte des ptolemäischen Sehakts</i>	307
3.2.3.1. <i>Consideratio</i>	307
3.2.3.2. <i>Virtus discernitiva</i>	309
3.2.3.3. <i>Ratiocinatio, imaginatio, comprehensio</i>	313
3.2.3.4. <i>Mens</i> und <i>animus</i>	324
3.2.3.5. <i>Virtus visibilis</i> und <i>processio visus</i>	334
3.2.4. <i>Zusammenfassung</i>	354
3.3. FAZIT.....	365

TEIL 3 — REKONTEXTUALISIERUNG

4. DAS WERK IM KONTEXT ANTIKER TRADITION.....	369
4.1. DIE PTOLEMAIOS-REZEPTION DES 5./6. JAHRHUNDERTS.....	369
4.2. ASTRONOMIE UND OPTIK.....	382
4.2.1. <i>Astronomische Brechung – Phänomen und Ursache</i>	382
4.2.2. <i>Mondillusion und terrestrische Brechung</i>	390
4.3. ÄTHERBEGRIFF UND KOSMOLOGIE.....	398
4.3.1. <i>Grenzschicht und Feuersphäre</i>	398
4.3.2. <i>Äther-Vorstellungen in der ptolemäischen Überlieferung</i>	407
4.3.2.1. <i>Optisches Medium</i>	407
4.3.2.2. <i>Himmelsmaterie</i>	416
4.3.3. <i>Die Tradition der sub- und supralunaren Ordnung</i>	422
4.4. SPRACHLICHES.....	434
4.4.1. <i>baptistir, fostir</i>	434
4.4.2. <i>alpha</i>	450
4.5. SEHTHEORIEN.....	455
4.5.1. <i>Farbe und Denken</i>	455
4.5.1.1. <i>Galen</i>	455
4.5.1.2. <i>Nemesios</i>	464
4.5.1.3. <i>Erklärungsansatz und Schema</i>	468
4.5.2. <i>Geometrie und Natur des Sehens</i>	472
4.5.2.1. <i>Aristoteliker und Geometer</i>	472
4.5.2.2. <i>Geometrische Optik in der Spätantike</i>	475
4.5.2.2.1. <i>Transformierte Fassungen der euklidischen Optik</i>	475
4.5.2.2.2. <i>Pseudoeuklidische Optik</i>	481
4.5.2.3. <i>Al-Kindī und die spätantike Optik</i>	488
4.5.2.3.1. <i>Ptolemaios und die mathematische Tradition</i>	488
4.5.2.3.2. <i>Geometrische Remodellierung des Sehkegels</i>	491
4.5.3. <i>Philoponos</i>	496

4.5.3.1. Geometrisierbare Farbwirkungen	496
4.5.3.2. Anatomisch-physiologische Bedingungen	503
4.5.3.3. Wahrnehmung durch Farbwirkung.....	505
4.5.4. <i>Immaterielle Wahrnehmungswirkung</i>	512
4.6. FAZIT	522
5. ZUSAMMENFASSUNG	527
6. SCHLUSSBETRACHTUNG	535
VERZEICHNISSE.....	541
KÜRZEL	543
QUELLEN UND LITERATUR	544
<i>Elektronische Ressourcen</i>	544
<i>Handschriften</i>	544
<i>Typoskripte</i>	545
<i>Gedrucktes</i>	545
ABBILDUNGEN.....	570
NAMEN	571

VORWORT

Als ich nach Abschluss meiner Promotion ein neues Forschungsfeld auf dem Gebiet der Wissenschaftsgeschichte suchte, ließ ich mich historiographiegeschichtlich leiten. Die *terra incognita*, auf die ich stieß, war Byzanz und in einem größeren Zusammenhang die Kultur der Spätantike und des griechischen Mittelalters. Sie spielt in der Wissenschaftsgeschichte so wenig eine Rolle wie im 19. Jahrhundert das lateinische Mittelalter oder bis weit ins 20. Jahrhundert die arabisch-persische, indische oder chinesische Wissenschaft. Weiße Flecken auszumachen, ist das eine, sie zu füllen, eine Aufgabe, die erst Sinn machen muss. Schließlich könnte jener Fleck nicht zufällig weiß geblieben sein. Allem Anschein nach dürfte die griechisch-byzantinische Kultur der Spätantike und des Mittelalters folgenlos geblieben sein, da die Wissenschaftsgeschichte offenbar ganz ohne sie auskommt.

Unser historisches Gesamtbild über die Entwicklung westlicher Wissenschaft (*Big Picture*) ist aber nicht nur zu überprüfen, weil mehr Kenntnisse über die griechische und arabische Überlieferung und Wissenstradition vorliegen, sondern weil sich bisherige Interpretationen nicht allein auf historisch sachlichen Befunden gründen. Es kommt zwar alles auf die Quellen an, wie genau oder kritisch sie gelesen werden. Sie sprechen aber nicht für sich, sagen nicht jeder Generation dasselbe, werfen nicht zu jeder Zeit die gleichen Fragen auf. Wie jede Wissenschaft wird auch Geschichtsschreibung mit Vorwissen, Vorannahmen und unter bestimmten Erwartungshorizonten betrieben. Es ist ein historisch kultureller Kontext, in dem Geschichte jeweils konstruiert wird, so dass sie sich immer wieder neu, verändert oder sehr viel reicher schreiben lässt.

Aus der Perspektive einer postkolonialen Wissensgeschichte dürfte heute klar sein, dass historiographische Forschung alles andere als unbeeinflusst von historisch gewachsenen Überzeugungen und kulturellen Selbstbildern der jeweils Forschenden verläuft. Zum Tragen kommen dürfte solch ein Einfluss aber nicht nur, wenn wir auf die *Anderen* auf anderen Kontinenten blicken, sondern auch, wenn wir unsere eigene Geschichte schreiben. Zumindest sind daraus die tausend Jahre fast wie ausgeblendet, in denen das römische Reich im Osten fortlebte. Als etwas Fremdes ist es in die westliche Geschichtsschreibung eingegangen, unter einem neuen Namen, *Byzanz*, den es erst nach seinem Untergang erhielt.

Die westliche Moderne bezieht sich seit der Renaissance auf eine wohlge-merkt *abgeschlossene* Antike. Von ihr sah sich Lateineuropa durch fremde und als minderwertig betrachtete Kulturen (spätantike, byzantinische, arabische, mittelalterliche) getrennt, so dass die geistig-wissenschaftliche Erneuerung erst mit der eigenen Zeit beginnen konnte. Mit diesem Selbstverständnis verträgt sich schlecht die Vorstellung, dass die Antike sehr viel länger fortlebte oder fortwirkte, zu

neuen Formen und Traditionen fand, noch bevor Westeuropa ihre Wiedergeburt für sich beanspruchte. Sollten also die 800 Jahre zwischen dem Ende der hellenistischen Epoche und dem Aufkommen der arabischen Wissenschaft wirklich nichts zu bieten haben, das wir wissen müssten, um die Entwicklung westlicher Wissenschaft zu erklären und unsere Geschichte zu erzählen?

„Byzanz“ wurde zu einem Arbeitstitel meines Vorhabens, nicht ernsthaft mit dem Anspruch, einen Beitrag zur byzantinischen Wissenschaft oder gar zur Byzantinistik zu liefern. Aus einem byzantinischen Blickwinkel bekommt man aber einen Kulturraum zu sehen, der griechisch und lateinisch, römisch und arabisch war. Dadurch liegt es sehr viel näher, Ereignisse zeitlich, räumlich, inhaltlich in Zusammenhängen zu betrachten und nicht als abgeschlossene Episoden, die aufeinander folgen oder sich getrennt voneinander abspielen. Stattdessen werden Entwicklungsverläufe vorstellbar, an die anders nicht zu denken wäre. Entwicklungsbrüche kommen so erst für sich selbst genommen in den Blick, wenn sie nicht durch Epochengrenzen, durch sprachliche, religiöse oder kulturelle Unterschiede einfach gesetzt und gleichsam schon vorausgesetzt werden. Vielmehr kann es darum gehen, Wandel und Zäsuren zu entdecken, wie sie sich an Kenntnissen und Praktiken jener Zeit zeigen, als dadurch Phänomene der Natur erklärt und untersucht wurden. Befreit von kulturbedingten Mustern westlicher Wissenschaftsgeschichtsschreibung muss man sich auf Überraschungen gefasst machen, wenn man durch jene spätantiken und byzantinischen Jahrhunderte einen Streifzug unternehmen will. Ungeahnt zum Vorschein kommen könnten Kontinuitäten, Brüche, Neuanfänge, Wende- oder Höhepunkte dessen, was wir pauschal als antike Wissenschaft bezeichnen, die sich aber anderen Kontexten, Faktoren oder Zeiten verdanken als bislang angenommen.

In der hier vorliegenden Arbeit stammen, wenn nicht anders ausgewiesen, alle Übersetzungen von mir. Mein großer Dank gilt allen voran den drei Gutachtern meines Habilitationsverfahrens, Prof. Dr. Friedrich Steinle, Prof. Dr. Eberhard Knobloch und Prof. Dr. Richard Kremer, sowie weiteren Lesern des Buches in Manuskriptform, vor allem Christoph Plasch. Ich danke allen, die mir mit Rat und Tat halfen und in der Arbeit eigens genannt werden. Ganz besonders danke ich Eberhard Knobloch und Friedrich Steinle für ihre Unterstützung und Stärkung, die ich in meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Wissenschaftsgeschichte der TU Berlin von April 2006 bis März 2012 erfuhr, um mein Vorhaben durchführen zu können. Prof. Dr. Menso Folkerts danke ich für die Aufnahme der vorliegenden Arbeit in die Reihe *Boethius* sowie für die Überlassung eines Manuskripts von Kurt Vogel. Gedankt und immerwährend gedacht sei vor allem aber den von dieser großen Anstrengung unmittelbar Betroffenen, meiner Frau und meinen Kindern, für ihren Beistand und die lange Geduld trotz der vielen nicht gemeinsam verbrachten Wochenenden, Urlaubstage und Feierabende.

Berlin, den 6. April 2014

Harald Siebert

ex nihilo quodlibet

1. EINLEITUNG

1.1. FORSCHUNGSKONTEXT UND UNTERSUCHUNGSANSATZ

1.1.1. Textliche Transformation vs Historiographie antiker Wissenschaft

Wie jede historische Disziplin ist die Wissenschaftsgeschichte der Antike auf Quellen angewiesen. Darunter kommt den Textquellen das größte Gewicht zu. Die Besonderheit an der antiken Wissenschaftsgeschichtsschreibung liegt aber darin, dass ihre Quellen sehr viel jünger sind als die Geschichte, die auf ihrer Grundlage erzählt wird. Die ältesten Handschriften der *Elemente* Euklids (um 300 v. Chr.) oder der euklidischen *Optik* stammen aus dem 9. bzw. 10. Jahrhundert; nicht anders verhält es sich mit den Werken des Klaudios Ptolemaios (Claudius Ptolemaeus, Ptolemäus, ca 100–170), insofern sie überhaupt auf Griechisch erhalten sind.¹ Die ältesten Textzeugen, die ein antikes Werk überliefern, sind somit mehr oder weniger tausend Jahre jünger als der Autor, dem es zugeschrieben wird.

So beträchtlich diese Diskrepanz zwischen Quelle und historischem Ereignis auch sein mag, sie ist in der antiken Wissenschaftsgeschichtsschreibung bislang kaum als problematisch angesehen worden. Die eigene Geschichte, die den Texten aus dieser zeitlichen Diskrepanz erwächst, spielt für die Historiographie antiker Wissenschaft kaum eine Rolle. Dass man hiervon völlig unbekümmert antike Wissenschaftsgeschichte anhand von so viel jüngeren Quellen konstruiert, mag durchaus erstaunen. Dass dieser Umgang mit den Quellen bislang kaum in Frage gestellt worden ist, dürfte aus bestimmten Annahmen zu erklären sein, die über diesen Zeitraum sowie die Art der darin geleisteten Textüberlieferung stillschweigend gemacht werden. Sie erlauben, den materiell erhaltenen Textzeugen als Quelle für ein historisches Ereignis zu benutzen, auch wenn alle früheren Handschriften für dessen Überlieferung verloren sind. Für gewöhnlich stellt man sich diese Überlieferung von Texten der mathematischen Tradition als einen reinen Kopiervorgang vor, als einen Abschreibeprozess, der umso sorgfältiger die großen Werke antiker Wissenschaft bewahrt habe, als jene spätantiken und byzanti-

1 An dieser Quellenlage hat sich seit den textkritischen Editionen Johan Ludvig Heibergs (1854–1928) nichts geändert: Die älteste Handschrift der euklidischen *Elemente* (*Στοιχεῖα*) ist (J. L. Heiberg 1883–1885, I: viii–ix): *cod. Bodl. Dorvillianus* X,1 (aus dem Jahr 888); die älteste Handschrift der euklidischen *Optik* ist (J. L. Heiberg 1895: v, vii): *cod. Vind. XXXI* (= *philos. gr.* 103 Lambecinus) (12. Jh.) (für *OGA*) und *cod. Vaticanus gr. 204* (10. Jh.) (für *OGB*); die ältesten Handschriften der *Syntaxis* (*Μαθηματικὴ σύνταξις*, *Almagest*) sind (J. L. Heiberg 1898–1903, I.1: iii–iv): *cod. Paris. gr. 2389* (9. Jh.), *cod. Vat. gr. 1594* (9. Jh.).

nischen Kulturen zu keiner eigenen Leistung mehr imstande gewesen seien. Insofern die Spätantike überwiegend als eine Epoche der Dekadenz oder Stagnation angesehen wird, zumindest aber als wissenschaftlich unproduktiv gilt, scheint sie diesen Texten, die sie uns überliefert hat, seltsam fremd gegenüber zu stehen.

Nur langsam und sehr viel später als in der Kunst-, Kultur- und allgemeinen Geschichtsschreibung erfährt die Spätantike in der Wissenschaftsgeschichte eine Aufwertung.² Die spezifisch spätantike Textproduktion (Kommentare, Editionen, Kompilationen) wird mittlerweile zumindest als Beleg dafür herangezogen, dass die mathematische Tradition insofern lebendig blieb, als daran eine Beschäftigung mit dem Inhalt der überlieferten Werken abzulesen sei und diese nicht nur kopiert wurden, um sie für die Nachwelt zu bewahren.³ Die Wissenschaftsgeschichte ist gerade erst dabei, die Spätantike zu entdecken. Dass sie diese Aufarbeitung nur mit dreißigjähriger Verspätung in Angriff nimmt, ist historiographiegeschichtlich nicht wirklich überraschend. Bei der Erforschung des Mittelalters hinkte die Wissenschaftsgeschichte noch stärker hinterher. Nachdem diese Epoche als ein neues Feld historischer Forschung in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts entdeckt worden war, brauchte die Wissenschaftsgeschichte noch fast drei Generationen, bis sie anfang, den Zeitraum zwischen Ptolemaios und Copernicus zu erforschen und jenes aus der Renaissance tradierte Geschichtsbild von einer „finsternen Zeit“ zu dekonstruieren.⁴

- 2 Als eigenes Forschungsfeld wird die Spätantike für die Kunstgeschichte bereits Ende des 19. Jh. durch Alois Riegl (1858–1905) entdeckt und rehabilitiert, für die Allgemeingeschichte deutlich später in den 1970er Jahren maßgeblich durch die Arbeiten von Peter Brown (*1935) und Averil M. Cameron (*1940). Zugleich wurde damit die gängige Vorstellung von einer Zeit der Dekadenz, von einem spätantiken Verfall dekonstruiert: Anstelle eines Niedergangs antiker Kultur ist deren *Transformation* zum Gegenstand historischer Forschung geworden. Gänzlich unberührt hiervon scheint die Wissenschaftsgeschichte, wenn sie noch bis in die 1990er Jahre von einer spätantiken Verfallszeit schreibt. Da diese Vorstellung wissenschaftshistorisch vor allem überlieferungsbedingt und durch die Quellenlage begründet scheint, wandelte sich das überkommene Spätantike-Bild im Zuge der kritischen Auseinandersetzung mit den Texten und deren Überlieferung, wie sie in den späten 1990er Jahren einsetzte.
- 3 R. Netz (1998) schlussfolgert, dass die spätantike Textproduktion das Bild von Mathematik, mathematische Praktiken und die Auseinandersetzung mit den Werken (der großen Männer) entscheidend bestimmt und nachhaltig geprägt habe; die Spätantike selbst aber sei ohne eigenen originellen Beitrag, bleibe abhängig von den großen Werken, habe nur eine sekundäre Überlieferung geschaffen (*ebd.*, S. 261–262). Mit Karine Chemla (1999: 127) ist hiergegen einzuwenden, ob solch eine Unterscheidung in primäre und sekundäre Werke für Texte der antiken Überlieferung überhaupt sinnvoll oder haltbar ist: „Existe-t-il en effet des écrits mathématiques qui ne seraient en aucune manière « seconds »? On peut en douter.“ In der Tat kann man heute Zweifel daran haben, dass uns primäre Werke der mathematischen Tradition erhalten sind, d.h. solche, die unabhängig von anderen Texten in ihrer ursprünglichen Form unverändert überliefert wurden.
- 4 Stellvertretend für diese Rückständigkeit lässt sich William Whewell zitieren (1794–1866), der bisweilen auch zu unrecht als Begründer der Wissenschaftsgeschichte gehandelt wird und das Mittelalter als „the almost complete blank“ (W. Whewell, ³1857, I: 203, 237, 271) oder als „the Stationary Period of Science“ (*ebd.*, I: 171, 181, 267, 271) bezeichnete, bezogen auf

Folglich spielen Spätantike oder gar Byzanz bisher noch keine Rolle, um die Geschichte, dessen zu erzählen, was wir heute unter antiker Wissenschaft verstehen. Es wird ihnen abgesprochen, eigene Werke hervorgebracht, originelle Beiträge zur mathematischen Tradition geliefert oder neue Methoden und Fragestellungen ins Leben gerufen zu haben. Aus dieser Sicht fällt es daher immer noch leicht, jene Jahrhunderte einfach auszublenden, die zwischen dem Ursprung des materialiter überlieferten Textzeugen für ein Werk und dessen eigentlichen Urheber liegen, der meist mit einem großen Namen und einer mathematischen Tradition (auf dem Gebiet der Geometrie, Astronomie oder Optik) verbunden ist. Dieser immense Zeitraum scheint unerheblich für diejenige Geschichte, die zwar auf die Leistungen der „großen Männer“ fixiert bleibt, aber anhand von Texten erzählt wird, die sehr viel jünger sind und jünger noch als die Spätantike selbst.

Diese Sichtweise ist nun aber umso bedenklicher, als die Wissenschaftsgeschichtsschreibung nicht nur seit jeher um jene zeitliche Diskrepanz zwischen Quelle und Ereignis weiß. Die Texte selbst sind also nicht nur nicht antik, sondern vielmehr gibt es auch Belege dafür, dass sich die überlieferten Werke inhaltlich von ihrer ursprünglichen Fassung unterscheiden können, was gleichfalls für die darin enthaltenen Zeichnungen gilt. Spätantike Herausgeber bekennen offen, ein Werk Euklids oder des Apollonios von Perge verändert, in ihrem und der Leser Sinne ergänzt, überarbeitet und der Sache nach verbessert zu haben.⁵ Die nach Einschätzung Wilbur Knorrs geometrisch anspruchsvollsten Propositionen in der euklidischen *Optik* stammten nicht von Euklid oder aus hellenistischer Zeit, sondern von Pappos, einem spätantiken Mathematiker aus dem 4. Jahrhundert.⁶ Die-

die 1300 Jahre, die zwischen Ptolemaios und Copernicus liegen. Pierre Duhem (1861–1916) gilt gemeinhin als derjenige, der das Mittelalter für die Wissenschaftsgeschichte entdeckt habe. Ältere Anläufe, jene vermeintlich schwarze Zeit bereits früher wissenschaftshistorisch zu erforschen und aufzuarbeiten (von J. W. Goethe, J.-E. Montucla, Guglielmo Libri), wurden offenbar wieder vergessen und blieben anders als die Arbeiten Duhems ohne Folge oder nennenswerte Nachahmung: H. Siebert (2009) 61–75.

- 5 Über seine Ergänzung zum Text der *Elemente* (VI,33) berichtet Theon von Alexandrien (2. H. 4. Jh.) selbst: Theon, *In syntaxin* 492,6–8; J. L. Heiberg (1883–1885) II: 179–183, 183 n.1; Th. Heath (1921) I: 360, II: 527–528. Zur Textgestaltung der *Kegelschnitte* des Apollonios durch Eutokios von Askalon (geb. um 480) und den darin überlieferten Zeichnungen siehe M. Decorps-Foulquier (1998) und (1999), B. Vitrac (2004: 27–28). Als spätantike Herausgeber/Überarbeiter mathematischer oder philosophischer Werke sind weiter greifbar: Heron von Alexandrien (2. H. 1. Jh.), Porphyrios (um 233–305), Hypatia (um 355–415), Isidor von Milet (442–537): B. Vitrac (2004: 30–34; Heron), J. Whittaker (1989: 69–70; Porphyrios), A. Cameron (1990: Hypatia, Isidor). B. Vitrac (2004: 31–33) zählt eine ganze Reihe textlicher Ergänzungen und Veränderungen auf („Réponses à des objections“, „Ajouts de cas“, „Ajouts ou compléments“, „Réductions des notions communes“, „Ajouts de Propositions converses“, „Ajout d’un Porisme“, „Inversions des Propositions“, „Preuves alternatives“, „Réécriture de segments complets“), die er in den *Elementen* Euklids konkret nachweist und auf Heron als möglichen Urheber zurückführt.
- 6 Es handelt sich um die Proposition 35 (*OGA* 66,18–80,4) bzw. 36 (*OGB* 204,11–214,12) der beiden griechischen Fassungen der euklidischen *Optik*. W. Knorr (1994: 34–43) hat nachgewiesen, dass sie ihrem Inhalt nach aus der *Collectio* des Pappos (1. H. 4. Jh.) stammt

ser freizügige Umgang mit den Texten und den darin überlieferten Zeichnungen beschränkt sich nicht etwa nur auf spätantike Herausgeber, sondern ist gleichfalls für die byzantinische Zeit belegt.⁷ Auch moderne Herausgeber greifen inhaltlich in die Textüberlieferung ein, nur werden hier im Gegensatz zu spätantiken und byzantinischen Textausgaben diese Eingriffe im textkritischen Apparat vermerkt (was aber nicht unbedingt für Zeichnungen und Diagramme zu gelten scheint⁸). Die wissenschaftshistorisch wenig überraschende Erkenntnis, dass auch die Philologie als Wissenschaft nicht losgelöst von ihrem Kontext ist und die wissenschaftshistorischen Überzeugungen ihrer Zeit teilt, gibt allein schon Anlass, den kritischen Editionen kritisch zu begegnen, da sie größtenteils aus der zweiten Hälfte des 19. Jh. und der ersten Hälfte des 20. Jh. stammen.

Es kann daher nicht verwundern, dass seit den 1990er Jahren die Textgrundlage für antike Wissenschaftsgeschichte selbst in Frage steht und zum Gegenstand der Forschung geworden ist.⁹ Die Textzeugen antiker Werke sind uns also keines-

und somit erst in der Spätantike Eingang in die uns überlieferten Handschriften gefunden hat. In einem unveröffentlicht gebliebenen Aufsatz („Geometric Optics“, S. 45) vermerkt der früh verstorbene Wilbur Knorr (1945–1997): „Thus, the change of assigning it [sc. the technical argument of *OGA*, prop. 35/*OGB*, prop.36] to Pappus, rather than to his Euclidean source, reduces considerably the degree of geometric sophistication of the latter, since this section is by far its most impressive part; the change likewise increases one’s appreciation of the originality of Pappus (or of the intermediate source he has consulted, if that is the case); and it entails that the activity of the editors after Pappus has altered the transmitted form of the Euclidean *Optics* far more significantly than one usually supposes.“ Pappus als den Ursprung oder Autor dieser Proposition habe bereits David Gregory (1703), ein früherer Herausgeber der euklidischen Werke, vermutet: W. Knorr (1994: 34) und („Geometric Optics“, S. 45).

- 7 Eine byzantinische Überarbeitung mathematischer Texte konstatieren bereits A. Rome (1931–1943, I: xxiii: „un essai byzantin de restauration“ bezogen auf Handschriften von Theons *In syntaxin* aus dem 14./15. Jh.) sowie J. Mogenet (1956: 16: „une revision byzantine“ in einem Vergleich zweier Handschriften von Ptolemaios’ *Syntaxis* aus dem 14. und 9. Jh.). Diese *byzantinische Textredaktion* genauer belegt hat M. Decors-Foulquier (1987: 25–35, hier 15: „une recension byzantine“) bezogen auf mehrere Handschriften von Apollonios’ *Kegelschnitten* (aus dem 12. bis 17. Jh.): Festzustellen ist hierbei eine dezidiert mathematische (*ebd.* S. 28) (Quadrivium), aber deutlich beschränkte (nicht für den Text spezifische: S. 29) Kompetenz des Überarbeiters, der in den Text aber nicht nur sprachlich (Normalisierung mathematischer Ausdrücke) eingreift, sondern auch inhaltlich Ergänzungen (in Form von Gleichungen und Zeichnungen) vornimmt, Teile verändert oder streicht sowie ausgefallene Propositionen wieder einfügt, dies aber nicht fehlerfrei (*ebd.* S. 31). Im Ganzen bleibe festzuhalten (*ebd.* S. 26): „Nous mesurons ici combien les recenseurs byzantins sont loin de nos principes d’édition.“ Diese späte Überarbeitung der *Kegelschnitte* gehe vermutlich auf Maximos Planudes (ca. 1255–1305) und dessen Kreis zurück (*ebd.* 53), würde somit aus der Zeit der palaiologischen Renaissance in Byzanz stammen. In dieser byzantinischen Textredaktion zeigt sich ein Umgang mit mathematischen Texten, der in seiner Kontinuität womöglich bis auf die Zeit Herons (oder sogar noch weiter) zurückreicht und der nach heutiger Kenntnis unvereinbar mit der uns als selbstverständlich erscheinenden Editionspraxis ist.
- 8 Beispiele hierfür liefern K. Saito/N. Sidoli (2012) und die vorliegende Arbeit unten Anm. 43 auf S. 25.
- 9 Vor allem das editorische Werk Heibergs fand seitdem prominente Kritiker in W. Knorr (1996), B. Vitrac (2012), R. Netz (2012).

wegs durch einen reinen Kopiervorgang überliefert worden. Die modernen Textausgaben täuschen hierüber hinweg, indem sie aus erhaltenen Textträgern einen neuen Text konstituieren, den es so nicht gab. Genauso wenig ist nach heutigem Kenntnisstand auszuschließen, dass sich die Werke im Zuge ihrer Überlieferung inhaltlich verändert haben. Ein Text der antiken mathematischen Tradition (Geometrie, Astronomie, Optik) rührt demzufolge in Form und Inhalt, wie er uns erhalten ist, nicht allein aus einem einmaligen Ursprung und Entstehungskontext her, sondern zeugt zugleich von späteren (wissenschaftshistorisch relevanten) Ereignissen, die sich darin während seiner Überlieferung niedergeschlagen haben, so dass er als Quelle auch für jene spätere Zeit dienen kann.¹⁰ Dieses Phänomen einer überlieferungsbedingten *textlichen Transformation* ist mit heutigen editorischen Maßstäben oder Vorstellungen unvereinbar. Am ehesten vergleichen oder fassen lässt es sich vielleicht mit den Überarbeitungen, die ein modernes Lehrwerk (wie z.B. *der „Bergmann-Schaefer“* oder *der „Gerthsen“* für das Physikstudium im deutschsprachigen Raum) im Laufe seiner zigfachen Auflagen und in jahrzehntelanger Benutzung erfährt.¹¹

Falls wir das Überleben solcher Texte antiker Mathematik überhaupt dem Umstand verdanken sollten, dass sie zum Studium, zur Lehre oder zur Wissenssicherung in Lehrbuchform genutzt und benutzt wurden, dürfte ihre Transformation untrennbar mit ihrer Überlieferung verbunden sein. Von Lehrbüchern oder wissenschaftlichen Standardwerken ist zu erwarten, dass sie mit der Zeit gehen, sich didaktischen Ansprüchen und veränderten Kenntnissen anpassen, sich ihrem Inhalt nach verändern, während sie ihren Namen beibehalten, um weiterhin als Referenz zu dienen. Unsere Quellen antiker Wissenschaft berichten womöglich gleichfalls nicht von Ereignissen zu *einem* Zeitpunkt, der durch den Autor eines Werkes gesetzt ist, sondern von der Entwicklung einer Tradition auf einem Gebiet des Wissens, mit dem sich nachfolgende Generationen und Jahrhunderte unter Benutzung derselben Texte beschäftigt haben, die ihre Identität dadurch nur nominell aber nicht inhaltlich gewahrt haben. So ließe sich der Umstand erklären, dass z.B. die euklidische *Optik* in einer größeren Zahl verschiedener Fassungen überliefert ist, als uns Schriften Euklids überhaupt bekannt sind.¹²

10 So liefert L. Russo (2005: 370–373) Gründe dafür, dass die *Definitionen* ursprünglich eine Sammlung von Merkhilfen („Spickzettel“) gewesen und erst infolge der kaiserzeitlichen Schulpraxis mit dem Text der *Elemente* Euklids „verschmolzen“ (*ebd.* 371) seien. Hierzu passt, was Russo in einer Auswertung aller Euklid-Namensnennungen im *TLG* feststellt (*ebd.* 372): „Bis tief in die Spätantike hinein schrieb kein Autor, der Euklid zitierte, ihm die fraglichen Definitionen zu.“

11 Siehe *Bergmann Schaefer Lehrbuch der Experimentalphysik* und L. Bergmann (1943) sowie *Gerthsen Physik* und Ch. Gerthsen (1948). Die Namen der Autoren sind weit über ihren Tod hinaus bis heute fest mit den von ihnen geschaffenen Standardwerken des Physikstudiums verbunden geblieben, wahren sich diese in Inhalt, Darstellung und didaktischer Aufbereitung über die verschiedenen Auflagen hinweg geändert haben: Ludwig Bergmann (1898–1959), Clemens Schaefer (1878–1968), Christian Gerthsen (1894–1956).

12 Siehe unten Anm. 107 auf S. 449 und die Übersicht in H. Siebert (2014: 94–106). Rechnet man seine in ihrer Echtheit angezweifelte Schriften (zur Mechanik) sowie die ganz oder auf

Dadurch dass eine textliche Transformation von Werken antiker Wissenschaft eindeutig belegt ist, ergibt sich für deren Inhalt aus der bloßen zeitlichen Diskrepanz ein beträchtliches Potential an möglichen Veränderungen. Es stellt sich damit die Frage, ob sich jene Werke, die uns allesamt nur in mittelalterlichen Handschriften erhalten sind und durch Papyrusfunde sowie durch Zitate in der sekundären Überlieferung allenfalls spärlich oder punktuell greifbar werden, ihrem Inhalt nach gewandelt haben. Je nach Umfang und Art der textlichen Transformation wäre die Geschichte antiker Wissenschaft insofern zu korrigieren, als die herangezogenen Quellen nicht allein die Lebensleistung einzelner Autoren belegen, sondern auch die lebendig kreative Tradition nachfolgender Generationen und somit von Ereignissen berichten, die zeitlich später liegen und ihren eigenen wissenschaftshistorischen Kontext haben. Die Forschung steht in dieser Frage allererst am Anfang und sie dürfte hier, wie es Bernard Vitrac voraussieht, noch so manche Überraschung erleben.¹³

Die antike Wissenschaftsgeschichtsschreibung muss sich dem Phänomen textlicher Transformationen stellen, sich mit ihm auseinandersetzen, um sicher sein zu können, welche Geschichte sie anhand ihrer Quellen eigentlich erzählt. Es gilt zu klären, inwieweit diese sehr viel jüngeren Handschriften ein Zeugnis aus jener fernen Zeit liefern, auf die der Ursprung eines antiken Werkes datiert wird, oder inwieweit sie von Entwicklungen berichten, die sich erst darauf folgend ereigneten, also während der spätantiken Tradition Eingang in die Überlieferung gefunden haben. Das Phänomen der textlichen Transformation erfordert es, die Quellen antiker Wissenschaftsgeschichte auf diese Frage hin zu prüfen und gleichsam neu zu lesen. Denn solch eine Prüfung macht es nötig, das Werk losgelöst von seiner bisherigen Kontextualisierung zu betrachten, um sich möglichst frei von bereits geleisteten historiographischen Konstruktionen mit den Inhalten, auch den scheinbar ungeräumten, eines Textes auseinanderzusetzen oder sie zumindest zur Kenntnis zu nehmen. Denn die bereits einmal getroffene zeitliche und theoriengeschichtliche Verortung eines Werkes mag nicht für den gesamten Text gelten, wie er uns überliefert ist. In seiner Gänze oder in Teilen könnte er verändert oder ergänzt worden sein, so dass er nur bedingt oder kaum noch zu derjenigen Geschichte gehört, für die er als Quelle bislang herangezogen wird.

Griechisch verlorenen Werke mit ein, lassen sich für Euklid insgesamt dreizehn Werke nennen: vgl. M. Folkerts (1998). Dagegen sind bislang vierzehn verschiedene Fassungen und Versionen allein der euklidischen *Optik* überliefert, die sich auf Griechisch (*OGA* und *OGB*), in arabischer (*OA*), arabisch-lateinischer (*OAL*) und griechisch-lateinischer (*OGL*) Übersetzung ganz oder teilweise erhalten haben. Für die arabischen Textfassungen der euklidischen *Optik* siehe E. Kheirandish (1999, I: xix–xxv, liv–lxv), R. Rashed (1997–1998, I: 6–45); für die lateinischen: W. R. Theisen (1971) (1979) (1978), D. C. Lindberg (1975: 46–54).

- 13 B. Vitrac (2008) 419b: „As the medieval history of the text clearly demonstrates, the transmission of the text from antiquity onward has been much more malleable than what philologists are generally willing to admit. [...] Such modalities of transmission are perhaps valid for all the mathematic texts of Greek antiquity, but they are easier to perceive in the case of the *Elements*. This investigation has not ended. *Future scholars may receive some fine surprises.*“ (Hervorhebung von H.S.).

Als Gegenstand solch einer Prüfung habe ich die ptolemäische *Optik* gewählt, d.h. denjenigen Text, der unter dem Namen des Klaudios Ptolemaios (ca 100–170) überliefert und in seiner Echtheit wiederholt angezweifelt worden ist (S. 38ff.). Im Gegensatz zur *Optik* Euklids oder den *Elementen* ist die ptolemäische *Optik* nicht durch inhaltlich abweichende Fassungen überliefert. Ihr moderner Herausgeber, Albert Lejeune (1916–1988), weist allerdings selbst auf textliche Veränderungen hin, zu denen es im Zuge der langen Überlieferung zufällig oder absichtlich („accidentelles ou volontaires“) gekommen sei,¹⁴ die er selbst jedoch als irrelevant für den Inhalt oder die Rezeptionsgeschichte erachtet.¹⁵ Auch hält Lejeune es zwar für möglich, aber „*a priori*“ für wenig wahrscheinlich, dass weitere Stellen des Texts davon betroffen sein könnten.¹⁶

Die Annahme, dass auch die ptolemäische *Optik* einer textlichen Transformation unterworfen gewesen sein könnte, liefert eine Arbeitshypothese, die mir ermöglicht, jene Dichotomie zwischen „authentisch“ und „unecht“ zu überwinden, die für die Forschung prägend war. Aus dieser befreiten Position will ich hier erstmals die Rezeption der ptolemäischen *Optik* eigens untersuchen, um den uns erhaltenen Text in der sekundären Überlieferung nachzuweisen bzw. seinen Einfluss auf die spätantike Optik zu bestimmen. Die Frage nach einer möglichen Transformation der ptolemäischen *Optik* stellt sich insbesondere bei dem, was dieses Werk an Neuem oder überhaupt als einzige Quelle unter den erhaltenen Texten zur antiken Optik zu bieten hat. Inhalte, die nicht zu Ptolemaios oder nicht ins 2. Jh. zu passen scheinen und von denen das Werk noch mehr zu bieten hat, sind bisher gegen die Echtheit desselben ins Feld geführt worden. Das 2. Jh. könnte aus wissenschaftshistorischer Sicht aber durchaus reicher gewesen sein, als wir bislang wissen. Überdies könnten die Besonderheiten und Ungereimtheiten daraus herrühren, dass die *Optik* des Ptolemaios nicht unverändert überliefert wurde. Unter der Annahme einer textlichen Transformation lassen sich solch Widersprüche lösen, die sich aus der traditionellen Zuschreibung des Textes ergeben. Das Werk verliert damit aber zugleich seinen eindeutigen Entstehungskontext.

14 Als Belege hierfür (s.auch die nachfolgende Anm.) nennt A. Lejeune (1956: 25*) (1957: 25*) (1989: 25*) vier Textstellen: *PO* 31,8–32,16 (II,39–40), eine abweichende Deutung hierzu findet sich bei M. A. Smith (1996: 86–88, 86 n.54) und A. Pace (1982: 259); *PO* 176,10 (IV,76); *PO* 194,11–25 (IV,123–124), M. A. Smith (1996: 208, hier 210 n.64) bezeichnet diese beiden Abschnitte als „capsule summary“; *PO* 265,13–266,13 (V,80–82), A. M. Smith (1996: 258–259, nn. 45–47).

15 Zwar spricht A. Lejeune (1956: 25*) nur von „*altérations de détail*“, doch betreffen die von ihm hierfür angeführten Belege (vgl. vorangehende Anm.) einen Beweisgang (V,80–82), der (wie in der euklidischen *Optik* oder den *Elementen*) als alternativer Beweis durch „*aliter*“ (*ἄλλως*) eingeleitet wird, sowie an anderer Stelle eine „*explication théorique*“ (II, 39–40); daneben will Lejeune zwei Interpolationen entdeckt haben: die eine (IV,76) erklärt ein griechisches Zeichen, die andere (IV,123–124) liefert eine Art Zwischenfazit.

16 A. Lejeune (1956 : 25*) (1957: 25*) (1989: 25*): „L’hypothèse d’additions et de revisions partielles, tant grecques qu’arabes, ne peut être totalement exclue; elle est cependant *a priori* moins probable que dans le cas de textes restés toujours classiques comme les *Éléments* d’Euclide.“ (Hervorhebung von H.S.).

Aus dieser historiographischen Dekonstruktion ergibt sich zugleich die Notwendigkeit, für die ptolemäische *Optik* einen Kontext aufzuzeigen, sie in Teilen oder gänzlich wieder zu verorten, sei es nun bezüglich ihrer Entstehung oder Transformation. Über letztere könnte die sekundäre Überlieferung des Werkes Aufschluss geben (S. 49ff.). Den viel breiteren Kontext für die Entstehung und eine mögliche Transformation des Werkes bieten die spätantiken Quellen mitsamt den Werken, die gleichfalls Ptolemaios zugeschrieben werden. Es soll versucht werden, die ptolemäische *Optik* ihren Inhalten nach mit der antiken Überlieferung in Beziehung zu setzen. Je nachdem, wie gut sich diese Inhalte darin verorten lassen, kann entschieden werden, ob wir aus dem Werk etwas Neues über das 2. Jh. oder über die nachfolgenden Jahrhunderte erfahren. Vom Gelingen dieser Rekontextualisierung hängt es ab, welche Geschichte oder welche Kapitel griechischer Optik anhand des uns überlieferten Textes erzählt werden können. Daraus ergeben sich verschiedene Szenarien für Entstehung und Überlieferung der ptolemäischen *Optik*. Wie wahrscheinlich sie jeweils sind, muss letztlich darüber entscheiden, welche Geschichte nach derzeitiger Quellenlage am ehesten für den uns überlieferten Text als auch für die Entwicklung der griechischen Optik anzunehmen ist.

1.1.2. Untersuchungsgegenstand „ptolemäische *Optik*“ (*PO*)

1.1.2.1. Textgrundlage

Die ptolemäische *Optik* ist in ihrer griechischen Fassung verloren. Den Text, der uns überliefert ist, verdanken wir der wissenschaftlichen Tradition in islamischer Zeit, als griechische Texte in großer Zahl ins Arabische übersetzt worden sind. Aber auch in ihrer arabischen Fassung, die spätestens im 10. Jahrhundert erstellt worden sein muss, ist die ptolemäische *Optik* nicht mehr erhalten. Sie hat in dieser Form jedoch als Vorlage für eine Übersetzung ins Lateinische gedient. Auf diese lateinische Übersetzung des 12. Jahrhunderts gehen alle Handschriften zurück, in denen das Werk überliefert ist; die älteste unter diesen lateinischen Fassungen, die erhalten sind, stammt aus dem 14. Jahrhundert.¹⁷ Die Quelle ist somit um zwölfhundert Jahre jünger als die Geschichte, die anhand ihrer bislang konstruiert wird. Allein deshalb drängt sich die Frage nach der Rezeption auf, um anhand von

17 A. Lejeune (1956) 38*–122* („Prologomènes critiques“), hier 60* (Stemma), 3: Diese ältesten Handschriften der *PO* sind der *cod. Ambrosianus T. 100 sup.* (Anfang 14. Jh.; Hs. A der *PO*), *cod. Cracoviensis Jagellonicus 569* (Anfang 14. Jh.; Hs. K der *PO*) und *cod. Basilensis F. II. 33* (Mitte 14. Jh.; Hs. B der *PO*). Von den insgesamt zwölf Handschriften, die Lejeune für seine kritische Ausgabe herangezogen hat, stammt die Hälfte (der eindeutig datierbaren) aus dem 16. Jh. (sowie auch eine weitere Hs., die Lejeune *ebd.* S. 46*, nicht verwendet); nur eine der verwendeten Handschriften stammt aus dem 15. Jh.; alle übrigen sowie zwei weitere, die Lejeune (vgl. *ebd.* S. 46*–47*) nicht verwendet hat, sind jünger (17. bis 19. Jh.).

Quellen¹⁸ aus der sekundären Überlieferung das Werk in seiner immens langen Zeit der Überlieferung nachzuweisen und es unabhängig von der arabischen Tradition auch in der griechischen aufzuspüren.¹⁹ Aus den überlieferten Handschriften der ptolemäischen *Optik* geht hervor, dass Eugen von Sizilien (bzw. von Palermo) das Werk aus dem Arabischen ins Lateinische übersetzt habe.²⁰ Dem Text dieser Übersetzung, die somit aus der 2. Hälfte des 12. oder aus dem frühen 13. Jahrhundert stammen muss, ist gleichfalls zu entnehmen, dass das Werk ursprünglich fünf Bücher umfasst habe, von denen das erste ganz verloren und das fünfte ohne Schluss sei.²¹

Die arabische Überlieferung führt Klaudios Ptolemaios als den Autor derjenigen *Optik* an, die uns auf Lateinisch erhalten ist.²² Aus arabischen Quellen ist gleichfalls zu erfahren, dass der Text der ptolemäischen *Optik* bereits in seiner arabischen Fassung nur mehr unvollständig vorlag. Dem arabischen Text im frühen 11. Jahrhundert fehlten diejenigen Teile, die auch der lateinische Übersetzer des Werkes vermisst.²³ Albert Lejeune, der erstmals eine kritische Ausgabe des

18 Auch diese Quellen sind materialiter in der Regel nicht sehr viel jünger als die Handschriften der *PO*. Bei Querverweisen auf andere Autoren kann es sich durchaus um spätere Einschübe und Ergänzungen handeln. Im Fall der vier Zitate aus einer *Optik* des Ptolemaios scheint dies aber als ausgeschlossen gelten zu dürfen.

19 Mit der Möglichkeit eines arabischen Ursprung des Werkes hat sich A. Lejeune (1956: 15*–18*; 1989: 15*–18*; 1957: 15–18) auseinandergesetzt. Die sprachlichen, inhaltlichen und überlieferungsgeschichtlichen Argumente, die er dagegen anführt, sprechen allerdings nur gegen eine Entstehung des Werkes in hocharabischer Zeit. Mit einer früheren Entstehungszeit in welcher der byzantinisch geprägte Raum des Mittelmeers unter arabische Herrschaft gerät und seine kulturelle Kontinuität zunächst bewahrt, wären die griechischen Indizien im Text durchaus vereinbar, zumal ein (christlich) syrischer Kontext (in welcher griechische Ausdrücke durchaus Verwendung finden) nicht auszuschließen ist.

20 *PO* 11,2–3. Siehe hierzu A. Lejeune (1956: 9*–13*).

21 *PO* 5,13, 8,4 (Vorrede des Übersetzers Eugen); *PO* 11,5 (II[,0]), 269,10 (V,88).

22 Ibn Sahl (ca. 940–1000) und Ibn al-Haiṭam (ca. 965–1039) setzen sich mit Inhalten unseres Textes auseinander und kennen ihn als *Optik* des Ptolemaios: A. Lejeune (1956: 28*–30*) (1957: 27–30) (1989: 28*–30*), A. M. Smith (1996: 5–7). Eine frühere arabische Rezeption als durch Ibn Sahl ist bislang nicht eindeutig nachgewiesen: vgl. R. Rashed (1993) lxix n.30; A. I. Sabra (2003) 89. Peter Adamson (2006: 213–214) versucht die Sehtheorie al-Kindīs (ca. 800–866) durch den Einfluss der ptolemäischen *Optik* zu erklären; eine arabische Rezeption unseres Textes bereits im 9. Jh. lässt sich an diesen Beispielen aber nicht stützen: Zum spätantiken Kontext von al-Kindīs Sehmodell siehe unten S. 483, 486ff.; aufschlussreicher könnte die Gemeinsamkeit in Sachen Farbsehen sein: siehe unten Anm. 348 auf S. 513. Eine arabische Rezeption durch al-Kindī hat A. Lejeune (1957: 29*) noch unter Berufung auf A. Björnbo/S. Vogl (1912: 70) wie selbstverständlich angenommen.

23 Diese Textverluste stellt nicht nur der lateinische Übersetzer der ptolemäischen *Optik*, Eugen von Sizilien, fest (*PO* 5,13, 8,4, 11,2–5, 269,10), sondern sie sind bereits in der arabischen Überlieferung durch Ibn al-Haiṭam (ca. 965–1039) belegt, der sich in einer eigenen Schrift (*al-Shukūk ‘alā Baṭlamyūs/Zweifel an Ptolemaios*) mit Ptolemaios und dessen Werken auseinandersetzt: A. I. Sabra (1966) 145, 148–149 n.16. Dass auch das fünfte Buch in dem Text, den Ibn al-Haiṭam benutzte, unvollständig war, geht aus dessen kritischer Auseinander-

Textes erstellte und 1956 veröffentlichte, bemerkte weitere, kleinere Lücken in den übrigen Büchern.²⁴ Wie wenig dieses Werk lange Zeit beachtet wurde, zeigt sich allein daran, dass die allererste Drucklegung desselben nicht etwa in der Renaissance oder Frühen Neuzeit erfolgte, sondern im Jahre 1885. Die *Editio princeps* ist also keine 130 Jahre alt und wurde von Gilberto Govi (1826–1889) veröffentlicht. Govi ist damit der erste moderne Herausgeber des Werkes, insofern dieses in gedruckter Form erscheint. Govis Ausgabe ist allerdings nicht textkritisch, sondern gibt die Lesart einer einzigen Handschrift wieder, die der älteste erhaltene Textzeuge des Werkes ist und aus dem frühen 14. Jahrhundert stammt.²⁵ Die Transkription dieser Mailänder Handschrift hat Govi durch Antonio Ceruti, einen Bibliothekar der *Biblioteca Ambrosiana*, erstellen lassen.²⁶ Das Interesse an der ptolemäischen *Optik* war allerdings schon zu Beginn des 19. Jahrhunderts erwacht, als neue Handschriften des Textes entdeckt wurden.²⁷

Lejeunes kritische Edition von 1956 ist unverändert und seitengetreu 1989 wieder aufgelegt worden. Diese neuere Ausgabe enthält Lejeunes Übersetzung des lateinischen Textes ins Französische (mit eigenen Anmerkungen); sie verfügt über weitere Vorworte, eine eigene Einleitung, eine Bibliographie und ein Nachwort („Postface“).²⁸ Eine englische Übersetzung der ptolemäischen *Optik* ist von A. Mark Smith 1996 erschienen. Albert Lejeune lieferte mit seiner kritischen Textedition nicht nur die Grundlage für die weitere Forschung zur ptolemäischen *Optik*, sondern mit seinen eigenen Arbeiten zu diesem Werk und zur Geschichte der griechischen Optik ist er bis heute die wichtigste Referenz.²⁹

Die bislang umfassendste Untersuchung zum Inhalt der ptolemäischen *Optik* stammt allerdings aus der Zeit vor Lejeune und ist unveröffentlicht geblieben.³⁰ Diese einzige Monographie, die das Werk in allen seinen Teilen darzustellen

setzung mit den Werken des Ptolemaios (*al-Shukūk 'alā Baṭlamyūs/Zweifel an Ptolemaios*), darunter der *Optik*, hervor: A. I. Sabra (1966) 148–149 n.16.

- 24 A. Lejeune (1956. 1989) vermerkt an folgenden Stellen Textausfälle: PO 31,7 (II,38), 63,11 (II,101), 115,14.15 (III,58.59), 115,15 (III,59), 172,20 (IV,68), 259,11 (V,65), 265,12 (V,79), 269,9 (V,87).
- 25 G. Govi (1885: xiii–xiv); siehe bzgl. dieser Edition A. Lejeune (1956: 35*–37*, 38*–39*) (1989: 35*–37*, 38*–39*). Govis Ausgabe liefert eine Transkription der Handschrift aus dem *cod. Ambrosianus T. 100 sup.* (Anfang 14. Jh.). Sie ist nicht nur die älteste Handschrift, sondern liefert nach Lesarten und Vollständigkeit den besten Textzeugen des Werkes. Diese Handschrift A (nach Lejeunes Klassifikation) ist Grundlage der ersten kritischen Edition der ptolemäischen *Optik*, die Albert Lejeune 1956 veröffentlichte (s. Lejeune 1956: 3).
- 26 G. Govi (1885) viii–ix, xiii.
- 27 Zu diesen Entdeckern zählen Jean-Étienne Montucla, Giovanni Battista Venturi, Jean-Jacques Caussin und Alexander von Humboldt: siehe A. Lejeune (1956: 33*–34*) (1989: 33*–34*). Eine Auswahl an Aufsätzen des 19. Jh. über die ptolemäische *Optik* findet sich wieder abgedruckt in: F. Sezgin (2007).
- 28 Vgl. A. Lejeune (1989) xi.
- 29 Zu nennen sind hier insbesondere seine beiden Monographien: A. Lejeune (1948) u. (1957).
- 30 Für einen historischen Überblick über die Forschungen zur PO siehe A. Lejeune (1956: 33*–35*) und A. M. Smith (1996: 10–14), die darin aber das hier nachfolgend angeführte Kapitel nicht nennen oder kennen.

sucht, hat Johannes Stigler (1884-1966), ein Doktorand von Eilhard Wiedemann (1852-1928), im Jahre 1919 an der Universität Erlangen vorgelegt.³¹ Das Zustandekommen dieser Doktorarbeit mag von einem bereits weiter gestiegenen Interesse an der ptolemäischen *Optik* zeugen, das Stiglers Lehrer selbst mit seinen Studien zur arabischen Wissenschaft (insbesondere zu Ibn al-Haiṭam) angeregt haben dürfte. Unter Vermittlung Wiedemanns konnte Stigler das Handexemplar der Govi'schen *Optik*-Ausgabe von Axel Anthon Bjørnbo (1874–1911) benutzen, das dessen neue Kollationen der Handschriften enthalten und dazu beigetragen habe, „einige dunkle Stellen“ der *Optik* aufzuhellen.³² A. A. Bjørnbo hatte zuvor selbst zusammen mit Sebastian Vogl (1872–1956) eine bis heute eminent wichtige Textsammlung spätantiker und früh-arabischer Optikschriften ediert, die posthum 1912 erschienen war.³³ Vogl habe sich in dieser Zeit noch selbst mit dem Gedanken getragen, eine textkritische Edition der ptolemäischen *Optik* zu erstellen,³⁴ die gleiche Absicht soll Franz Boll (1867–1924) verfolgt haben.³⁵

1.1.2.2. Inhalte und Bücher

Trotz der Textverluste ist die ptolemäische *Optik* das umfangreichste und umfassendste Werk über das Sehen, das aus der antiken Tradition erhalten ist. Anders als die euklidische *Optik*, die bezüglich ihres Umfangs an zweiter Stelle zu nennen ist, werden darin nicht nur die Perspektive (direktes, monokulares Sehen) behandelt, sondern zugleich die Phänomene der Reflexion, der Refraktion und das Sehen mit zwei Augen sowie *Farbe* bzw. welche Rolle Farben bei der optischen Wahrnehmung spielen. Die Darstellung dieser verschiedenen Themen erfolgt zwar auf Grundlage des euklidischen Sehmodells, bleibt darin aber nicht

31 J. Stigler (1919). Die Anregung zu dieser Untersuchung verdanke J. Stigler (1919: vi) seinem Doktorvater E. Wiedemann, Prof. für Physik in Erlangen. Stiglers Dissertation, die er am 8. Mai 1919 verteidigte (ders. 1919: handschriftliche Notiz auf der Titelseite), wurde nie veröffentlicht und befindet sich als Typoskript in der Universitätsbibliothek der heutigen Friedrich-Alexander-Universität Nürnberg-Erlangen. Das Typoskript weist zahlreiche Tippfehler, handschriftliche Korrekturen, (Zeichen- und Wort-) Zusätze und inhaltliche Textergänzungen auf; Maschine- wie Handschrift sind teils schlecht leserlich; die Leserlichkeit erschweren ferner die enge Bindung und der Papierzustand. Stigler bietet einen alternativen Zugang zur ptolemäischen *Optik*, deren Interpretation heute durch die Lejeune'sche Edition und Übersetzung geprägt ist; zu Stiglers methodischen Ansatz und seiner Bedeutung für die vorliegende Arbeit siehe unten Anm. 534 auf S. 176.

32 J. Stigler (1919) vi.

33 Bjørnbo [Bjørnbo], Axel Anthon/ Vogl, Sebastian (1912).

34 Laut J. Stigler (1919: vi) habe S. Vogl (Professor für Physik, Mathematik, Astronomie) dieses Vorhaben nun aufgegeben und ihm für seine Doktorarbeit „einige Vorstudien (Exzerpte) hie[r]zu in zuvorkommender Weise“ übergeben.

35 Diese Vermutung äußert A. Lejeune (1956: 36* n.3) und beruft sich dabei auf Bjørnbo [Bjørnbo], Axel Anthon/Vogl, Sebastian (1912: 159 n.1), die davon berichten, dass F. Boll Fehler in Govis *Optik*-Ausgabe nachgewiesen habe und eine eigene Kollation erstellt habe.

gefangen. Die ptolemäische *Optik* erschöpft sich nicht in rein geometrischen Beweisen, sondern berücksichtigt subjekt- und objektbedingte Faktoren, um zu erklären, wie wir sehen. Es gelingt ihr dabei Widersprüche und Unzulänglichkeiten der euklidischen *Optik* zu überwinden, so z.B. bei der Wahrnehmung von Gestalt, Größe und Bewegung.³⁶

Das Organ Auge und unsere Empfindungsfähigkeit selbst haben bestimmte Grenzen und Eigenschaften,³⁷ die genauso bestimmend für das Sehen sind wie die physischen Eigenschaften dessen, was wir sehen, und die Bedingung, unter denen wir sehen. Aber nicht nur in dieser Hinsicht ist von einer Art *Physikalisierung* zu sprechen, wodurch sich die ptolemäische *Optik* von der euklidischen grundlegend unterscheidet.³⁸ Im Gegensatz zur euklidischen *Optik* werden Seherfahrungen nicht einfach nur in Sätzen formuliert, geometrisch analysiert und bewiesen, sondern systematisch unter bestimmten Versuchsbedingungen untersucht. Diese experimentellen Anordnungen variieren je nach Phänomen. Den verschiedenen Sehphänomenen ist teils eine ganze Reihe ähnlicher Versuche gewidmet, von denen einige dazu dienen, messbare und quantitative Ergebnisse zu erzielen.

Bei diesen Experimenten werden Geräte benutzt, die auf den Versuchsablauf und dessen Auswertung abgestimmt und offenbar eigens angefertigt worden sind. Das wohl wichtigste Instrument, das bei der Untersuchung der Spiegel- und Brechungsphänomene zum Einsatz kommt, ist eine Art Diopterscheibe, mit dem die Ablenkung des Sehstrahls gemessen wird.³⁹ Gérard Simon (1931–2009) hat die ptolemäische *Optik* als eine „fossile Experimentalwissenschaft“ bezeichnet: Zwar sei darin der Gebrauch der experimentellen Methode unzweideutig belegt; diese finde aber auf ein Objekt ihre Anwendung, das nach heutigem Wissen gar nicht existiert, nämlich den Sehstrahl (*visus, radius visualis*).⁴⁰ Dieser antiken Konzeption des Sehens ist der Autor der ptolemäischen *Optik* mehr oder weniger verhaftet: Demnach kommt optische Wahrnehmung dadurch zustande, dass unser Sehvermögen geradlinig wie ein Strahl aus dem Auge hervortritt und den Kontakt zu den Sehobjekten herstellt. Diese Emissions- oder Sendetheorie ist geometrisch gleichwertig zu dem umgekehrten Modell einer Strahlenoptik heutiger Prägung, derzufolge Lichtstrahlen, die ins Auge fallen, ursächlich für optische Wahrnehmung sind.

Als Beleg für diese experimentelle Herangehensweise können die Ergebnisse selbst dienen, die in der ptolemäischen *Optik* damit erzielt werden: So gelingt es, für das beidäugige Sehen eine Fusionszone zu bestimmen, die nahe dem Bereich liegt, der nach heutiger Psychophysiologie bekannt ist; unterschieden werden da-

36 A. Lejeune (1948: 95–116) stellt hierzu die Positionen Euklids und Ptolemaios' gegenüber.

37 Diese Wahrnehmungsgrenzen oder –schwellen bezeichnet A. Lejeune (1948: 116–121, hier 116, 118) als „minima sensibles“ bzw. „minimum perceptible“ und J. Stigler (1919: 35–36, 77) als „Reitzschwelle“.

38 Von solch einer Physikalisierung der Optik spricht sinngemäß A. Lejeune (1948: 57, 177) in seiner vergleichenden Studie zu Euklid und Ptolemaios.

39 *PO* 91,12–92,15 (III,7–9); A. Lejeune (1957) 41–43; A. M. Smith (1996) 36–37.

40 G. Simon (1992b) 216.

bei zwei Arten des Doppeltsehens, die heute als homonyme und als kreuzweise Diplopie bezeichnet werden.⁴¹ Für die Winkelgleichheit bei Reflexion liefert allein die ptolemäische *Optik* eine empirische Bestätigung, indem sie den Winkel zwischen einfallenden und reflektierten Strahl misst.⁴² Sie ist auch die einzige antike Quelle, die das Brechungsverhalten der Strahlen qualitativ richtig beschreibt.⁴³ Überdies werden in einer Reihe von Experimenten für verschiedene Medien die Einfallswinkel und Austrittswinkel der Strahlen gemessen (und zwar wie heute noch zur Normalen hin). Diese Versuchsreihen führen zu quantitativen Ergebnissen, die in Tabellenform zusammengestellt darüber Auskunft geben, wie sich der Sehstrahl beim Übergang von Luft zu Wasser, von Luft zu Glas und von Wasser zu Glas bricht (jeweils für die Einfallswinkel in Schritten von zehn Grad Abstand, bei 10° beginnend bis hin zu 80°).⁴⁴

Die ptolemäische *Optik* verfügt somit über eine Reihe von Alleinstellungsmerkmalen, die allein der lückenhaften Quellenlage geschuldet sein könnten, d.h. dem Umstand, dass andere Texte, die dasselbe Niveau an Kenntnissen, Themen und Methoden aufwiesen, verloren sind. Darüber allerdings, inwieweit dieses Niveau in der antiken Optiktradition tatsächlich erreicht bzw. verbreitet war, müssten andere Texte Aufschluss geben können, die erhalten sind und die zumindest ansatzweise dieselben Themen behandeln oder Kenntnisse darüber referieren. Die ptolemäische *Optik* kann als Maßstab für das Niveau der griechischen Tradi-

41 *PO* 26,18–35,2 (II,27–46), 102,13–118,16 (III,25–62); A. Lejeune (1948) 124–171; G. Simon (1992b) 145–163, 216; A. M. Smith (1996) 21–35

42 *PO* 90,12–94,15 (III,6–12); A. Lejeune (1957) 37–43; A. M. Smith (1996) 35–42.

43 Für eine genaue Kenntnis über Refraktion ließe sich allenfalls noch Theons Kommentar zur *Syntaxis/Almagest* anführen, doch geht dies nicht aus dem Text selbst hervor, sondern wird allein durch die dort zu findende Abbildung gestützt: Theon, *In syntaxin* 347–349, hier S. 348: „Fig. 4“. Diese Abbildung, die in der kritischen Ausgabe zu sehen ist, stellt aber insofern eine moderne Interpretation dar, als nicht alle Handschriften das Brechungsverhalten entsprechend heutiger Vorstellung (d.h. als eine Brechung zum Lot hin in das dichtere Medium) qualitativ annähernd richtig darstellen. Vielmehr stehen dazu mindestens drei Handschriften des Kommentars, darunter die zwei ältesten (9. und 13. Jh.) insofern in Widerspruch, als sie eine Refraktion in verschiedene Richtungen oder unter gleichen Winkeln (entsprechend dem Reflexionsgesetz) zeigen: Ersteres ist in der ältesten Hs. zu sehen: *cod. Med. Laur. Plut. 28,18*, Bl. 8v (9. Jh., Hs. *L* nach A. Rome 1931–1943, II: xxi, xxiii–xxiv; ihr folgt Rome in seiner kritischen Ausgabe); letzteres Brechungsverhalten zeigen die Abbildungen im *cod. Paris. gr. 2390*, Bl. 175v (13. Jh., Hs. *F* nach A. Rome, *ebd*) und der *cod. Vat. gr. 198*, Bl. 347r (14. Jh., Hs. *J* nach A. Rome, *ebd.*), die laut A. Rome (*ebd.* xxiii: Stemma) aus zwei verschiedenen Familien abstammen. A. Rome (*ebd.* 348) vermerkt die Abweichungen in den Handschriften bezüglich dieser entscheidenden Abbildung zur Refraktion nicht (bis auf dass in Hss. *F* und *J* die Darstellung um 180° gedreht zu sehen ist: „inverterunt *F*, *J*“). Die entsprechende Abbildung in der textkritischen Ausgabe von Theons Kommentar folgt also nicht der Textgrundlage bzw. dem besten Textzeugen (Hs. *L*), vermerkt auch nicht die wesentlichen Abweichungen in dieser wie in anderen Handschriften, sondern orientiert sich offenbar an unserer modernen Vorstellung bzw. an derjenigen qualitativ richtigen Darstellung, die sich in der *Editio princeps* des Werkes findet: Theon (1538) 10.

44 *PO* 227,1–237,19 (V,7–22); A. Lejeune (1957) 152–166; G. Simon (1992b) 182–202; A. M. Smith (1996: 42–49), (1982).

tion auf diesem Gebiet dienen, selbst wenn dieses Werk selbst nicht breiter rezipiert worden ist und nicht direkt Quelle für diejenigen Texte gewesen sein sollte, die uns überliefert sind.

Das erste Buch der ptolemäischen *Optik* ist zwar verloren, über seinen Inhalt gibt jedoch eine Zusammenfassung Auskunft, mit der das zweite Buch rückblickend beginnt.⁴⁵ Demnach habe jenes nicht mehr vorhandene erste Buch den Sehstrahl und das Licht zum Thema gehabt und die Grundlagen optischer Wahrnehmung behandelt. Es dürfte daher die spezifisch ptolemäische Sehtheorie zusammenhängend und umfassend dargelegt haben, die ansonsten nur mehr punktuell und sporadisch an anderen Stellen des Werkes referiert wird.

Das zweite Buch widmet sich den Sehobjekten.⁴⁶ Es unterscheidet zwischen primären Eigenschaften der Dinge (Leuchtendes und Farbiges), die eine Sehempfindung erzeugen, und sekundären, die daraus gewonnen werden; zu letzteren zählen Körperlichkeit, Größe, Gestalt, Lage, Bewegung, Ruhe (II,2–22). Wie wir die Farbe, die Lage, die Größe, die Gestalt, die Bewegung von Dingen sehen, wird jeweils nach den objektiven und subjektiven Bedingungen dieser Wahrnehmung erklärt (II,23–82). In Zusammenhang mit der Lage von Objekten ergibt sich der erste Teil jener bereits erwähnten Ausführungen zum binokularen Sehen (II,27–46). Wie es bei der Wahrnehmung der sekundären Eigenschaften zu Sehirrümern kommen kann, erklären die verbleibenden Abschnitte des zweiten Buches und nehmen darin nahezu die Hälfte seines Umfangs ein (II,84–142): Die Fälle optischer Täuschungen werden an einer Vielzahl konkreter Beispiele aufgezeigt und auf ihre Ursachen zurückgeführt. Dabei wird zwischen solchen unterschieden, die aus dem Sehvorgang oder Wahrnehmungsvermögen herrühren, und solchen, die aus unserer Deutung des Gesehenen entstehen.

Dem Phänomen der Reflexion ist das dritte (und zum Teil auch das vierte) Buch gewidmet. Es legt zu Beginn drei Gesetzmäßigkeiten dar und versucht diese empirisch und theoretisch zu begründen (III,2–24): Dinge werden in der Verlängerung des Sehstrahls, der auf den Spiegel fällt, gesehen; das Gesehene liegt im Schnittpunkt zwischen Sehstrahl und der Normalen, die vom Gegenstand zur Spiegeloberfläche führt; der einfallende Strahl wird unter gleichem Winkel (gemessen zur Normalen) reflektiert. Die im Anschluss wieder aufgegriffenen Ausführungen zum binokularen Sehen liefern eine Begründung dafür, dass die Darstellung im Folgenden auch weiterhin auf ein Auge beschränkt bleiben kann (III,25–62). Im Einzelnen untersucht werden hierauf die Reflexion, deren Bedingungen sowie die Eigenschaften des Spiegelbildes bei planen und konvexen Spiegeln (III,63–132).

Das vierte Buch setzt die Untersuchung des vorangehenden zur Reflexion fort; bei konkaven Spiegeln werden die möglichen Reflexionspunkte bestimmt (IV,2–107). Die entstehenden Spiegelbilder sind lageabhängig und werden auf

45 PO 11,6–10 (II,1).

46 Ein Inhaltsübersicht über die Bücher und ihre Abschnitte geben: A. Lejeune (1956: 123*–131*, 1989: 123*–131*), A. M. Smith (1996: 67–70, 129–130, 173–174, 228–229).

ihre Entfernung, Größe, Gestalt, und Orientierung eigens behandelt (IV,108–155). Die gesammelten Erkenntnisse erlauben Rückschlüsse auf die Abbildungseigenschaften zusammengesetzter Spiegel (Zylinder-, Sattel-, Pyramiden-, Winkelspiegel: IV,157–182).

Dem Phänomen der Refraktion ist das fünfte Buch gewidmet. In Experimenten zur Brechung, wird der (Seh)Strahlengang qualitativ beschrieben, gemessen und quantitativ für verschiedene Medien bestimmt (Luft-Wasser, Luft-Glas, Wasser-Glas) (V,5–22). Aus den gewonnenen Erkenntnissen ergibt sich der Schluss, dass auch die Gestirne nur unter gebrochenen Strahlen zu sehen sind (V,23–30). In dieser richtigen Annahme liegt wiederum ein Alleinstellungsmerkmal der ptolemäischen *Optik*, insofern hier eindeutig die *atmosphärische* Brechung verstanden wird (und nicht eine *terrestrische*, wie sie aus anderen antiken Quellen bekannt ist).⁴⁷ Auf die Refraktionsversuche stützen sich allgemeine Aussagen darüber, dass der Strahlengang von einem Medium ins andere umkehrbar (unter gleichem Brechungswinkel) verläuft und dass die Brechung umso stärker ist, desto größer sich die Medien in ihrer Dichte (*condensitas*) unterscheiden; die Form der Grenzfläche hat Einfluss darauf, wie der Strahlengang verläuft (V,31–63). Wie Dinge unter Brechung ihrer Entfernung, Größe und Gestalt nach erscheinen, wird noch vollständig für ebene Grenzflächen dargelegt, während die entsprechenden Ausführungen zu konvexen Grenzflächen inmitten des Textes abbrechen (V,64–86). Vermutlich haben die verlorenen Abschnitte am Schluss des fünften Buches noch gezeigt, wie Dinge unter Brechung an konkav gekrümmten Flächen zu sehen sind.

1.1.2.3. Lejeunes Rekonstruktion

Während sich die arabischen Quellen des 10./11. Jahrhunderts eindeutig auf Inhalte desjenigen Textes beziehen, der uns heute nur mehr in seiner lateinischen Fassung vorliegt, lassen sich die bislang bekannten vier griechischen Zeugnisse daran nicht belegen. Diese griechischen Autoren des 5./6. und 11. Jahrhunderts (Simplikios, Olympiodoros d.J., Damianos, Symeon Seth) berufen sich auf Aussagen des Ptolemaios, die in der Übersetzung einer Übersetzung, in der uns der Text der *Optik* heute nur mehr unvollständig vorliegt, nicht zu finden sind. Albert Lejeune hat hieraus den Schluss gezogen, dass die griechischen Zeugnisse der sekundären Überlieferung sich auf diejenigen Stellen der ptolemäischen *Optik* beziehen, die für uns heute infolge der lückenhaften Überlieferung verloren sind. Ausgehend von diesen vier griechischen Zitaten aus einer *Optik* des Ptolemaios hat Lejeune den Versuch unternommen, das verlorene erste Buch und somit die

47 Siehe hierzu weiter unten S. 188ff.

ptolemäische Sehtheorie zu rekonstruieren.⁴⁸ Das größte Gewicht bei seiner „reconstitution“ (*Rekonstruktion*) kommt unter jenen vier Zeugnissen den *Optischen Hypothesen* des Damianos zu.

Lejeunes *Rekonstruktion* des verlorenen ersten Buches ist bislang ebenso unbestritten wie unüberprüft geblieben und stellt den heutigen Kenntnisstand dar.⁴⁹ Dies hat einerseits dazu geführt, dass die Rezeption der ptolemäischen *Optik* heute als gegeben angesehen wird, ohne eigens in Art, Ausmaß und Einfluss untersucht worden zu sein. Andererseits gibt es keine eigenständige oder umfassende Darstellung der ptolemäischen Sehtheorie. Lejeune hat diese im Zuge seiner „reconstitution“ mit sehtheoretischen Positionen gleichgesetzt, die sich in den *Optischen Hypothesen* finden. Zu nennen ist hier vor allem die Identität von Seh- und Lichtstrahlen.⁵⁰

Die wichtigsten Arbeiten zur ptolemäischen *Optik* stammen von zwei Schülern Lejeunes, Gérard Simon und A. Mark Smith, die die ptolemäische Sehtheorie unterschiedlich auffassen (s.u. S. 241ff). Ihre konträren Deutungen sind letztlich unvereinbar mit der *Rekonstruktion* der ptolemäischen Sehtheorie bzw. des verlorenen ersten Buches, wie Lejeune sie maßgeblich auf Grundlage der *Optischen Hypothesen* des Damianos und den übrigen drei griechischen Zitaten aus einer *Optik* des Ptolemaios vorgelegt hat.⁵¹ Simon und Smith allerdings unterlassen es beide, auf ihren Gegensatz zur Lejeune'schen *Rekonstruktion* hinzuweisen oder deren Ergebnisse gar offen in Frage zu stellen.⁵²

Vielleicht mag diese Zurückhaltung aber weniger der Rücksicht auf Lejeune geschuldet sein als der Tragweite, die sich aus diesen Widersprüchen für die bisher fast unbestritten akzeptierte Rezeptions- und Überlieferungsgeschichte der ptolemäischen *Optik* ergibt. Zweifel an dieser Geschichte hat in jüngerer Zeit allein Wilbur Knorr vorgebracht,⁵³ und mit seiner Kritik haben sich Lejeune sowie Smith und Simon mehr oder weniger eingehend auseinandergesetzt.⁵⁴ Doch löst

48 Diese *Rekonstruktion* „reconstitution“ unternimmt A. Lejeune (1948: 15–84) im ersten Teil („Première Partie“) seiner vergleichenden Studie *Euclide et Ptolémée*, der an Umfang fast die Hälfte der gesamten Darstellung im Buch einnimmt.

49 G. J. Toomer (1975: 200b) unterscheidet nicht zwischen überlieferten und rekonstruierten Inhalten; D. C. Lindberg (1975: 14–15); G. Simon (1992b: 94–95); W. Knorr („Geometric Optics“, S. 31–32, 49); M. Folkerts (2001). Nicht ganz vorbehaltlos gegenüber Lejeune äußert sich F. Acerbi (2007: 2621 n.69, 2622 n.73) in seinen Anmerkungen zu den *Optischen Hypothesen* des Damianos.

50 Aus seiner *Rekonstruktion* ergebe sich laut A. Lejeune (1948: 84) als unausweichliche Schlussfolgerung „le leit-motiv du livre premier de Ptolémée: la quasi-identité de nature et de propriétés des radiations visuelles et lumineuses“.

51 Ein kurzgefasstes Fazit hierzu liefert unten S. 281.

52 A. M. Smith (1996: 11–12) verweist nur auf einen Gegensatz zwischen Lejeune und Simon, nicht aber auf seinen eigenen: vgl. hierzu unten S. 270–289.

53 W. Knorr (1985: 96–104) („Geometric Optics“, S. 29–31, 39–40).

54 A. Lejeune (1989: 357–362); G. Simon (1992: 10–12: „Vorwort zur deutschen Ausgabe“) (1994: 89–90 n.14); A. M. Smith (1996: 13). A. Lejeune (1948: 12 n.2; 1956: 13*–26*; 1957: 13–25; 1989: 13*–26*) setzt sich mit älteren Einwänden auseinander und verteidigt die

Lejeune mit seiner *Rekonstruktion* gleich zwei Probleme: Sein erklärtes Ziel ist es zwar, das verlorene erste Buch wiederherzustellen. Vom Gelingen seiner *Rekonstruktion* hängt aber weitaus mehr ab. Mit ihr lassen sich die vier griechischen Zitate aus einer *Optik* des Ptolemaios auf den uns überlieferten Text beziehen, da sie aus dem verlorenen ersten Buch, wie Lejeune es rekonstruiert haben will, stammen könnten. Diese *Rekonstruktion* liefert damit die Voraussetzung dafür, eine griechische Rezeption desjenigen Textes anzunehmen, der uns heute nur unvollständig in einer lateinischen Übersetzung aus dem Arabischen vorliegt.

Tatsächlich aber liegt in dieser Rezeption selbst die notwendige Bedingung dafür, dass Lejeunes Rekonstruktionsversuch überhaupt gelingen kann. Lejeune hat diese Voraussetzung nie ernsthaft in Frage gestellt. Er erklärt zwar, dass er nach Kenntnis und Abwägung derjenigen Kritikpunkte, die gegen die Echtheit der ptolemäischen *Optik* angeführt worden sind, sich dafür entschieden habe, die Authentizität des Werkes als Hypothese für seine Arbeit zu wählen.⁵⁵ Doch ist auch die Echtheit der uns überlieferten *Optik* keine Versicherung dafür, dass Lejeunes *Rekonstruktion* gelingen kann. Der Text, den wir heute kennen – wie echt oder unecht er auch sein mag – kann nicht durch seine Authentizität allein schon Beleg dafür sein, dass es sich um denselben handelt, der den vier griechischen Autoren vorgelegen hat. Denn die Aussagen, die diese zu solch einem Werk des Ptolemaios oder zur *Optik* unter Verweis auf Ptolemaios machen, lassen sich in unserem Text, wie bereits erwähnt, nicht nachweisen.

Neben seiner offen eingeräumten Arbeitshypothese legt Lejeune seinem Rekonstruktionsversuch also noch eine weitere zugrunde, nämlich die stille Grundannahme, dass sich die vier griechischen Autoren auf denselben Text, der infolge zweier Übersetzungen in zwei verschiedene Sprachen auf uns gekommen ist, beziehen, obwohl deren Zitate darin nicht nachweisbar sind. Es wird dabei nicht erwogen, dass die griechischen Autoren aus einem Text zitieren könnten, der nicht derselbe ist, den wir kennen oder wie er seinem Inhalt nach uns heute vorliegt. Diese Möglichkeit systematisch auszublenden, ist ein Vorwurf, den Knorr völlig zutreffend gegen Lejeune erhebt.⁵⁶ Denn Lejeune setzt bestimmte Bedingungen für eine spätantike Rezeption voraus, die ungeprüft nicht als erfüllt gelten können: Die griechischen Autoren müssten korrekt zitiert haben, bestenfalls das Werk aus eigener Hand kennen und nur Aussagen, die tatsächlich daraus stammen, wiedergeben und sich nicht etwa für ihren eigenen Kenntnisstand auf einen großen Namen berufen; sie dürfen sich dabei auch nicht auf eine andere

Authentizität des Textes. G. Simon (1992: 11 n.2) hat auch den unveröffentlichten Aufsatz „Geometric Optics“ gekannt, von dem Knorr ihm die Kopie seines Typoskripts zugeschiedt hatte, die im Nachlass G. Simon (Archives du CAPHES, Paris) erhalten ist und die ich für vorliegende Arbeit benutzt habe. Ich danke ganz herzlich den Mitarbeitern des Archivs für ihre freundliche Unterstützung.

55 A. Lejeune (1956) 26*: „dans l'état actuel de la science, la présomption d'authenticité est l'hypothèse de travail la plus probable et la plus féconde.“; ders. (1957: 30) (1989: 26*).

56 W. Knorr (1985) 100 hier nachfolgend unten in Anm. 18 auf S. 25 zitiert.