

Simon Rebohm

Frühe Mikroskopie. Beobachtung als Forschungspraxis 2017

<https://doi.org/10.25969/mediarep/3735>

Veröffentlichungsversion / published version
Buch / book

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Rebohm, Simon: *Frühe Mikroskopie. Beobachtung als Forschungspraxis*. Berlin: Max Planck Institute for the History of Science 2017 (Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge Studies 9). DOI: <https://doi.org/10.25969/mediarep/3735>.

Erstmalig hier erschienen / Initial publication here:

<https://doi.org/10.14279/depositonce-4949>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Creative Commons - Namensnennung - Nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0/de/deed.en Lizenz zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu dieser Lizenz finden Sie hier: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/deed.en>

Terms of use:

This document is made available under a creative commons - Attribution - Non Commercial - Share Alike 3.0/de/deed.en License. For more information see: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/deed.en>

Frühe Mikroskopie

Beobachtung als Forschungspraxis

Edition Open Access

Series Editors

Ian T. Baldwin, Gerd Graßhoff, Jürgen Renn, Dagmar Schäfer,
Robert Schlögl, Bernard F. Schutz

Edition Open Access Development Team

Lindy Divarci, Bendix Düker, Klaus Thoden, Dirk Wintergrün

Die Plattform Edition Open Access (EOA) wurde mit dem Ziel gegründet neue Publikationsinitiativen zusammenzubringen, die die Ergebnisse wissenschaftlicher Arbeit in einem innovativen Format veröffentlichen – einem Format, das die Vorteile traditioneller Publikation mit denen des digitalen Mediums verbindet. Derzeit umfasst EOA die Publikationen der „Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge“ (MPRL) und der Reihe „Edition Open Sources“ (EOS). EOA ist offen für die Aufnahme weiterer Open Access Initiativen, deren Konzept und Verständnis im Einklang mit der 2003 von der Max-Planck Gesellschaft ins Leben gerufenen *Berliner Erklärung über offenen Zugang zu wissenschaftlichem Wissen* sind.

Durch die Kombination von Buchdruck und digitaler Publikation bietet die Plattform einen neuen Weg, Forschung im Wandel abzubilden und darüber hinaus ihre Quellen verfügbar zu machen. Die Texte sind sowohl als gedruckte Bücher erhältlich als auch in einer Online-Version frei verfügbar. Die Bände richten sich an Wissenschaftler und Studierende unterschiedlicher Disziplinen, sowie an all jene, die an der Rolle der Wissenschaft für die Gestaltung unserer Welt interessiert sind.

Edition Open Access
2017

Frühe Mikroskopie
Beobachtung als Forschungspraxis

Simon Rebohm

Studies 9

Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge
Studies 9

Eingereicht von:
Fynn Ole Engler

Umschlag: Darstellung von Insektenflügeln mit “Blutgefäßen” und “Federn” aus einem Brief Leeuwenhoeks an die Royal Society vom 24. Juni 1692 (Leeuwenhoek 1939--1999, 9.37–67). Reproduktion nach: Antoni van Leeuwenhoek. 1722. *Opera omnia*, Bd. 3: *Experimenta & contemplationes*. Langerak: Editio novissima. Mit freundlicher Genehmigung der Bibliothek des Max Planck Instituts für Wissenschaftsgeschichte.

ISBN 978-3-945561-14-0

First published 2017 by Edition Open Access,
Max Planck Institute for the History of Science
<http://www.edition-open-access.de>
Printed and distributed by

PRO BUSINESS digital printing Deutschland GmbH, Berlin
Published under Creative Commons by-nc-sa 3.0 Germany Licence
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/>

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge

The Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge comprises the sub-series, Studies, Proceedings and Textbooks. They present original scientific work submitted under the scholarly responsibility of members of the Scientific Board and their academic peers. The initiative is currently supported by research departments of three Max Planck Institutes: the MPI for the History of Science, the Fritz Haber Institute of the MPG and the MPI for Gravitational Physics (Albert Einstein Institute). The publications of the Studies series are dedicated to key subjects in the history and development of knowledge, bringing together perspectives from different fields and combining source-based empirical research with theoretically guided approaches. The Proceedings series presents the results of scientific meetings on current issues and supports, at the same time, further cooperation on these issues by offering an electronic platform with further resources and the possibility for comments and interactions. The Textbooks volumes are prepared by leading experts in the relevant fields.

Scientific Board

Markus Antonietti, Antonio Becchi, Fabio Bevilacqua, William G. Boltz, Jens Braarvik, Horst Bredekamp, Jed Z. Buchwald, Olivier Darrigol, Thomas Duve, Mike Edmunds, Fynn Ole Engler, Robert K. Englund, Mordechai Feingold, Rivka Feldhay, Gideon Freudenthal, Paolo Galluzzi, Kostas Gavroglu, Mark Geller, Domenico Giulini, Günther Görz, Gerd Graßhoff, James Hough, Manfred Laubichler, Glenn Most, Klaus Müllen, Pier Daniele Napolitani, Alessandro Nova, Hermann Parzinger, Dan Potts, Sabine Schmidtke, Circe Silva da Silva, Ana Simões, Dieter Stein, Richard Stephenson, Mark Stitt, Noel M. Swerdlow, Liba Taub, Martin Vingron, Scott Walter, Norton Wise, Gerhard Wolf, Rüdiger Wolfrum, Gereon Wolters, Zhang Baichun.

Inhaltsverzeichnis

	Danksagungen	3
1	Einleitung	5
1.1	Themensetzung und Vorgehensweise	5
1.2	Mikroskopische Beobachter im Überblick	16
2	Kontexte und Fragestellungen	21
2.1	Naturphilosophie	21
2.2	Naturgeschichte	34
2.3	Medizin	54
3	Objekte	67
3.1	Pflanzen: Eigenschaften, Strukturen und Funktionen	67
3.2	Insekten: Beziehungen und Ursprung	83
3.3	Organe: Strukturen und Prozesse	95
3.4	Animalcula: Ursprung und Funktionen	104
4	Beobachtungstechniken	117
4.1	Beobachten als Betrachten: Mikroskopie mit minimalen Techniken	117
4.2	Zunehmende Vereinnahmung durch individuelle Techniken	127
5	Resümees	153
5.1	Historiographische Bemerkungen	153
5.2	Kontextuelle Bedingungen	154
5.3	Abhängigkeit von Beobachtungen voneinander	156
5.4	Techniken und Wahrnehmung	158
5.5	Fazit: Mikroskopisches Beobachten als individuelle Praxis	159
	Bibliographie	163

Danksagungen

Die Arbeit an diesem Buch dauerte alles in allem länger als fünf Jahre: Nach einer ersten Beschäftigung mit den Schriften von Athanasius Kircher folgte eine langwieriges, aber immer interessantes Studium der mikroskopischen Beobachtungen des 17. Jahrhunderts, deren erste drei Jahre dankenswerterweise durch ein Elsa-Neumann-Stipendium des Landes Berlin gefördert wurden. Angefangen bei der Fragestellung nach der Rolle von kosmologischen Ideen für die frühe Mikroskopie unterlief die Arbeit dabei zahlreiche Veränderungen, bis sie schließlich bei der Auseinandersetzung mit den Forschungspraktiken und ihren Bedingungen angekommen war. Dass eine derartige Metamorphose des Blickwinkels auf die Quellen nicht nur möglich war, sondern auch die mir erhofften Einsichten brachte, ist nicht zuletzt dem Umstand geschuldet, dass diese Abhandlung im regen und offenen Austausch mit Gleichgesinnten entstanden ist.

Ich möchte daher an dieser Stelle vor allem Prof. Eberhard Knobloch dafür danken, dass er mich über die Jahre in vorbildhafter Weise betreut hat und nicht nur jederzeit ein offenes Ohr für fachliche Fragen hatte, sondern auch durch mahnende Worte dazu beigetragen hat, dass aus einem Forschungsprojekt am Ende auch eine Dissertation wurde. Prof. Friedrich Steinle war so freundlich, sich als zweiter Gutachter zur Verfügung zu stellen, darüber hinaus hat er mir mehrfach die Gelegenheit gegeben, im Forschungskolloquium für Wissenschaftsgeschichte an der TU Berlin einzelne Aspekte meiner Arbeit in einer größeren Gruppe und angenehmer Atmosphäre zu besprechen.

Für die zahlreichen Gespräche, Anregungen und Aufmunterungen danke ich ferner: Harald Siebert, Oona Leganovic, Anna Jerratsch, Nora Thorade, Lidia Westermann, Johannes Mücke, Tabea Cornel, Karin Pelte, Gerhard Rammer, Angela Fischel, den Organisatoren des Driburger Kreises 2010 (Axel Hüntelmann und Susan Splinter) und des Berliner Doktorandentages Wissenschaftsgeschichte 2012 (Veronika Lipphardt und Sven Dupré) sowie den Teilnehmern dieser Veranstaltungen.

Dafür, dass der Text nun in Buchform vorliegt, gilt mein Dank Matteo Valleriani, Lindy Divarci und Klaus Thoden von der Edition Open Access für die Unterstützung bei der technischen Umsetzung sowie Ole Engler für die Evaluierung des Textes und die Anregung zu einigen Ergänzungen.

Der letzte Dank ist jedoch reserviert für die Familie Rebohm und Sarah Hiltner als den Menschen, die mich auch vor und nach der Arbeit durch diese Jahre begleitet haben.

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Themensetzung und Vorgehensweise

1.1.1 Historiographische Schwerpunkte und Probleme der Geschichte der Mikroskopie

[...] en gelijk het observeren, bij na een studie op sijn selven is, soo heb ik alsnu dese diertgens mij seer aerdig op sijn vertoont [...]

[...] and as the making of observations is almost a study in itself, I have now exhibited these little animals to myself very prettily sideways [...]

Antoni van Leeuwenhoek (Brief an Henry Oldenburg, 9. Oktober 1676)¹

Mit diesem kurzen, eher beiläufigen Kommentar zu seinen Beobachtungen von mikroskopischen Lebewesen brachte Antoni van Leeuwenhoek eine Tendenz zur Sprache, die sich nicht nur in seinen Untersuchungen andeutete: Je länger man sich mit mikroskopischen Beobachtungen beschäftigte, umso komplexer erschien einem diese Tätigkeit und umso aufwändiger wurden die mit ihr verbundenen Prozeduren. In den etwa 50 Jahren, die das Mikroskop zu diesem Zeitpunkt bereits für die Erforschung der Natur benutzt worden war, hatte sich das Beobachten von kurzfristigen Untersuchungen, die im engen Zusammenhang mit spezifischen Fragestellungen und Kontexten standen, hin zu längerfristigen Studien entwickelt, die vor allem durch eine starke Eigendynamik geprägt waren. Die Prozesse und Mechanismen nachzuvollziehen, die dieser Entwicklung zugrunde lagen und bisher von der Wissenschaftsgeschichte kaum berücksichtigt wurden, ist das hauptsächliche Ziel dieser Arbeit.

Betrachtet man die Forschungsliteratur, so fällt auf, dass sich die Untersuchungen zur Anfangsgeschichte der Mikroskopie zum größten Teil mit den Kontexten der Forschung beschäftigen und sich zudem auf die zweite Hälfte des 17. Jahrhunderts konzentrieren: Während Charles Singer bereits zwischen einer „Pionierperiode“, die das Thema seines Aufsatzes bildet, und der anschließenden „klassischen Epoche“ der Mikroskopie unterscheidet, legt Marian Fournier beispielsweise von vorneherein einen deutlichen Schwerpunkt auf die zweite Hälfte des Jahrhunderts und begründet dies durch einem allgemeinen Mentalitätswechsel: Erst mit dem zunehmendem Zuspruch für eine mechanistische oder korpuskularphilosophische Interpretation der Natur seien die Bedingungen dafür geschaffen worden, dass sich das Mikroskop etablieren konnte.² Auch Christoph Lüthy sieht im Verhältnis zur Korpuskularphilosophie den zentralen Faktor für die Entwicklung der frühen Mikroskopie, und er

¹Leeuwenhoek (1939–1999, 2.118–119).

²Vgl. die Periodisierung bei Singer (1914, 279) und folgende Bemerkung von Fournier (1996, 4): „The rise to prominence of the microscope began more or less at the same time that the appreciation of the mechanical philosophy gained momentum. Several historians of science have argued that the introduction of the mechanical philosophy

stellt gleichfalls fest, dass parallel zur Popularität entsprechender philosophischer Konzepte das Interesse an mikroskopischen Beobachtungen zu- und abgenommen habe.³ Catherine Wilson betont ebenfalls die Rolle von kontextuellen Bedingungen für die mikroskopische Forschung, macht allerdings in erster Linie erkenntnistheoretische Entwicklungen, wie die Neudefinition von Okkultem als materieller Subtilität und später zunehmende skeptische Tendenzen, für „Aufstieg und Fall“ der Mikroskopie in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts verantwortlich. Zudem hebt sie den engen Zusammenhang zwischen mikroskopischen Beobachtungen und den Veränderungen in Theorien zur Zeugung und der Idee des *Contagium vivum* hervor.⁴

John T. Harwood betont dagegen eher soziale und kulturelle Faktoren und zeigt durch eine Analyse der Umstände, in denen Robert Hooke seine mikroskopischen Beobachtungen durchführte, dass diese stark durch seine besondere Stellung als Kurator der Royal Society und die politische Situation im England der Restauration geprägt waren. Zum einen stammten die Themen für die einzelnen Beobachtungen größtenteils aus den Sitzungen der Royal Society, zum anderen zielten die aus ihnen resultierenden Texte und Darstellungen auch darauf ab, die Royal Society institutionell zu stärken.⁵ Edward G. Ruestow betont ebenfalls in erster Linie den Einfluss von Kultur und Gesellschaft sowie der persönlichen Lebensumstände auf die Werke zweier Forscher: Verschiedene Faktoren wie die Dominanz der cartesianschen Philosophie in den Niederlanden, eine detaillierte naturalistische Miniatur-Malerei und das calvinistische Naturverständnis galten zuvor als begünstigende Umstände für die Entdeckungen von Leeuwenhoek und Swammerdam, würden sich bei genauerer Untersuchung aber eher als Hindernisse entpuppen. Zudem hätten sich bei Swammerdam persönliche Probleme immer wieder negativ auf die Forschung ausgewirkt, während Leeuwenhoek in seinem Umfeld eher zu weiterer Forschung angeregt worden wäre. Auch Ruestow stellt dabei die Beobachtungen vornehmlich in Bezug zu Theorien wie der Idee des Blutkreislaufes oder verschiedenen Überlegungen zur Zeugung.⁶ David Freedberg schließlich sieht im Rahmen seiner Studie zur Accademia dei Lincei Politik und Tradition als wichtige Faktoren für die mikroskopischen Beobachtungen an Bienen, da diese einerseits einen engen, expliziten Bezug zum Papsttum Urbans VIII hatten und andererseits versuchten, Naturgeschichte und Philologie mit einzubeziehen und eine neue Form der graphischen Darstellung von Naturgegenständen zu konzipieren.⁷

Einerseits konzentriert sich ein Großteil dieser Arbeiten, wie bereits erwähnt, auf die Zeit nach 1665, dem Publikationsdatum von Robert Hookes *Micrographia*, während frühere Beobachtungen nur am Rande und gewissermaßen als „Vorgänger“ thematisiert werden. Dabei wird allerdings nicht erläutert, ob und inwieweit sich die Arbeiten früherer und späterer Forscher eigentlich voneinander unterscheiden. Vielmehr wird diese Periodisierung ausschließlich anhand von geistesgeschichtlichen Momenten vorgenommen. Andererseits liegt der Fokus klar auf einem engen Personenkreis aus Forschern wie Robert Hooke, Marcello Malpighi, Antoni van Leeuwenhoek und Jan Swammerdam, ohne dass diese Auswahl durch

into the life sciences was the principal catalyst of the rise of microscopy.“ Verwiesen wird in diesem Zusammenhang beispielsweise auf Beiträge von Meinel (1988) und Wilson (1988), die mikroskopische Beobachtungen wiederum als Beispiel für die Durchsetzung der mechanistischen Philosophie anführen.

³Lüthy (1995).

⁴Wilson (1995).

⁵Harwood (1988).

⁶Ruestow (1996).

⁷Freedberg (1998; 2002).

klare Kriterien begründet würde. Darüber hinaus lässt sich zuweilen eine Tendenz dazu erkennen, den Bezug von Beobachtungen zum heutigen Wissensstand zu betonen: Einerseits wird in vielen Fällen die ursprüngliche Beschreibung der Phänomene durch eine moderne Terminologie ergänzt oder ersetzt, andererseits wird der Fokus oft ausgehend von der Relevanz der Untersuchungen für spätere Entwicklungen oder aktuelles Wissen gewählt, und die Beobachtungen werden ausgehend von letzterem als „zutreffend“ oder „falsch“ beziehungsweise „gut“ oder „schlecht ausgeführt“ bewertet. Die ursprünglichen Ziele der Beobachtungen und ihre eigentlichen Zusammenhänge treten dabei zum Teil in den Hintergrund; zugunsten einer Geschichte, die vor allem als Vor-Geschichte der Gegenwart geschrieben wird.⁸

Auch wenn der Begriff „mikroskopische Beobachtung“ in der Forschungsliteratur durchgängig präsent ist, fällt also auf, dass sich diese primär mit anderen Schwerpunkten beschäftigt als mit dem Beobachten als Form wissenschaftlicher *Praxis*. Vielmehr scheinen die bisherigen Schwerpunkte zu großen Teilen mit gewissen Vorurteilen übereinzustimmen, die Marc J. Ratcliff in einer sehr überzeugenden Dekonstruktion der Geschichte der Mikroskopie herausgearbeitet hat: Mit den Mikroskopie-Gesellschaften sei im 19. Jahrhundert eine Instanz mit dem Bedürfnis nach sozialer Anerkennung innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft entstanden. Dementsprechend wäre eine Tradition der Mikroskopie konstruiert worden, die sich einerseits auf bestimmte Symbolfiguren konzentrierte und andererseits die Bedeutung technologischer Entwicklungen für die Beobachtungen betonte. Die kognitiven und kommunikativen Prozesse seien hingegen so gut wie gar nicht berücksichtigt worden, und es wäre folglich eine Periodisierung entstanden, in der Phasen, die sich weder durch technische Neuerungen noch aufsehenerregende Entdeckungen auszeichneten, als Perioden des Niedergangs interpretiert wurden.⁹

Ratcliff zielt zwar vornehmlich darauf ab, die mikroskopische Forschung von den 1720er bis 1770er Jahren gewissermaßen zu rehabilitieren, da diese in bisherigen Historiographien zumeist als eine solche eher negativ bewertete Periode gilt, dennoch scheinen sich die von ihm festgestellten Tendenzen auch hinsichtlich früherer Zeiträume ausgewirkt zu haben: Auch für Studien zur Anfangszeit mikroskopischer Forschung lassen sich eine Beschränkung auf bestimmte Forscher sowie ein starker Hang zur Periodisierung erkennen, auch wenn sich die Kriterien für letztere geändert haben und nun im Kontext allgemeiner geistesgeschichtlicher Entwicklungen verortet sind.

Die eigentliche mikroskopische Forschungspraxis stellt in der bisherigen Historiographie weiterhin eher ein Randthema dar, das vor allem in kürzeren Studien, die sich mit einzelnen Forschern befassen, auftaucht: Jan van Berkel sieht beispielsweise Leeuwenhoeks

⁸Beispiele hierfür sind etwa die Versuche, aus Leeuwenhoeks Beschreibungen Mikro-Organismen mit ihren modernen Namen zu erschließen, wie sie sich etwa in der Edition von Leeuwenhoeks Briefen (Leeuwenhoek 1939–1999) und bei Dobell (1960) finden, oder die sich ebenfalls auf moderne Nomenklatur beziehenden Erläuterungen in der Teilübersetzung der *Anatome plantarum* von Malpighi bei Möbius (1901, 122–153). Darüber hinaus gehören dazu aber auch Versuche, bestimmte Akteure als „Väter“ von modernen Einzeldisziplinen gegenüber Zeitgenossen zu rechtfertigen, wie z.B. Leeuwenhoek als „Father of Protozoology and Bacteriology“ bei Dobell (1960, 362–387). Hinzu kommen aber auch immer wieder (ab)wertende Kommentare zu bestimmten Aspekten der Vorgehensweise von Forschern, wie etwa wenn Conway Zirkle in seiner Einleitung zu den Werken Nehemiah Grews feststellt: „The less we say about Grew’s chemical interpretations and philosophical speculations, however, the better. Our kindest course of action here is to note that they were no worse than those of his contemporaries. [...] Grew’s greatness lay not in his speculations but in his observations, not in his philosophical orientation but in his hard-headed, empirical search for facts“ (Grew 1682, *Reprint*, xviii).

⁹Ratcliff (2009, 245–252, 256–257).

Beobachtungen durch eine besondere Mischung aus Empirismus und Dogmatik geprägt. Einerseits habe Leeuwenhoek scheinbar bewusst darauf verzichtet, seine Beobachtungen, die sich in „konzentrischer“ Form durch Wiederholungen den Objekten annäherten, durch die Bildung von spezifischen Begriffen zu abstrahieren. Dies habe dazu geführt, dass diese Beobachtungen hinsichtlich ihres Erkenntniswertes schon von Leeuwenhoeks Zeitgenossen sehr unterschiedlich bewertet wurden. Andererseits zeige eine Analyse der Beobachtungen, dass ihnen einige unspezifische theoretische Konzepte zugrunde lagen, die auch dann unverändert beibehalten wurden, wenn sie nicht von den Beobachtungen bestätigt wurden.¹⁰ Matthew Cobb fragt hingegen ausgehend von neu entdeckten Darstellungen des Seidenspinners danach, welche Rolle die mikroskopischen Techniken und ihre Erklärung sowie die graphischen Darstellungen von Objekten und deren Kommunikation bei Swammerdams späteren Insektenbeobachtungen spielten. Diese seien durch publizierte Beobachtungen von Malpighi angestoßen worden, deren hohes technisches Niveau Swammerdam als Herausforderung begriffen hätte, sich ebenfalls derartige Fertigkeiten zu erarbeiten.¹¹ Marian Fournier sieht sogar einen dezidiert „persönlichen Stil“ in den Beobachtungen von Leeuwenhoek, Swammerdam und Christiaan Huygens und führt diesen in erster Linie auf die stark voneinander abweichenden Mikroskope zurück, welche diese Forscher jeweils benutzten.¹² Auch Domenico Bertoloni Meli stellt im Rahmen seiner Untersuchungen zum Werk Malpighis fest, dass sich dessen Umgang mit dem Mikroskop stark von dem seiner Vorgänger unterscheidet, und spricht diesbezüglich von „minimalistischen“ und „interventionistischen“ Beobachtungen. Zugleich versteht er das Mikroskop als Teil eines Konglomerates von Techniken und Instrumenten, die in enger Verflechtung mit theoretischen Überlegungen zur Entstehung einer neuen Form von Anatomie beigetragen hätten. Dementsprechend erscheint es ihm sinnvoll, statt einer bloßen Geschichte der Mikroskopie stärker den Zusammenhang verschiedener Techniken zu berücksichtigen.¹³

Während diese Studien die Praxis des mikroskopischen Beobachtens jeweils unter sehr unterschiedlichen Teilaspekten betrachten, beschränken sich die Analysen wiederum auf einige wenige Forscher und sehr kurze Zeiträume, und es wird erneut ein deutlicher Schwerpunkt auf die Zeit nach 1665 gelegt. Der Vergleich der jeweiligen Ergebnisse deutet jedoch an, dass es große Unterschiede im Vorgehen der einzelnen Forscher gab und es dementsprechend sinnvoll wäre, die bisherige Geschichte der Mikroskopie durch eine *Geschichte der Beobachtungen* zu ergänzen, die sich primär mit den praktischen Aspekten der Forschung auseinandersetzt. Erstens scheint es hierfür ratsam, die bisherige Periodisierung aufzugeben, da der Zusammenhang der geistesgeschichtlichen und technologischen Entwicklung zu spezifischen Aspekten der Praxis erst untersucht werden müsste. Zweitens stellt sich angesichts der verschiedenen Ansätze und Schwerpunkte, welche Historiker bisher in Auseinandersetzung mit der praktischen Seite der Mikroskopie gewählt haben, die grundsätzliche Frage danach, aus welcher Perspektive beziehungsweise mithilfe welcher Konzepte das mikroskopische Beobachten am besten erfasst werden kann.

¹⁰Berkel (1982, 199–209).

¹¹Cobb (2002).

¹²Fournier (2007).

¹³„In some cases, such as microscopy, it seems more appropriate to talk about a cluster of techniques, involving not only the different instruments with variations in lighting and magnification but also elaborate preparations such as boiling, delamination, the fixation of body parts, staining, and injections“ (Meli 2011a, 359–360; s.a. 1–5, 29–20, 360–361).

1.1.2 Konzeptionelle Überlegungen: Beobachtungen in der Wissenschaftsgeschichte und der Wissenschaftstheorie

Eine mögliche Ursache für die sehr unterschiedlichen und auf einzelne Fragen fokussierten Perspektiven der bisherigen Literatur zum Themenbereich „Beobachtungen“ ist vielleicht, dass dieselben, etwa im Vergleich mit Experimenten, innerhalb der Wissenschaftstheorie und der Wissenschaftsgeschichte nur selten als eigene Form der wissenschaftlichen Praxis thematisiert und dann doch aus sehr unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet werden. In der Wissenschaftsgeschichte sind Beobachtungen in jüngster Zeit vor allem aus der Perspektive der Begriffsgeschichte untersucht worden: Katherine Park führt die Entstehung des wissenschaftlichen Konzeptes von Beobachtung auf einen Begriffswandel des lateinischen Wortes *observatio* zurück, der seinen Ursprung im 12. Jahrhundert in der Verbindung der *Beachtung* von Regeln mit astronomischen und meteorologischen *Beobachtungen* im Kontext des klösterlichen Lebens hatte.¹⁴ Lorraine Daston stellt in enger Verbindung zu Park fest, dass sich der Stellenwert von Beobachtungen ab dem 16. Jahrhundert ständig verändert habe: Mal wurden sie als Synonym, mal als Gegenstück zum Experiment verstanden, ebenso ändert sich die Einstellung hinsichtlich möglicher spekulativer Anteile an ihnen. Mit der Entstehung eines enger gefassten, wissenschaftlichen Beobachtungsbegriffes, der einen Bezug auf besondere Fertigkeiten des Beobachters mit einschloss, nahm die Beschäftigung mit einzelnen Details von Objekten zu, während man versuchte, deskriptive und abstrahierende Momente soweit wie möglich voneinander zu trennen. Durch den vergrößerten Aufwand werde das Beobachten zudem auch Teil des Lebensstiles der einzelnen Forscher.¹⁵ Für Gianna Pomata stellt die Beobachtung in der frühen Neuzeit hingegen in erster Linie ein „epistemisches Genre“ dar, das seine Wurzeln neben der Astronomie auch in Philologie, Jurisprudenz und Medizin habe und eng dem Konzept eines kollektiven Empirismus verbunden gewesen sei.¹⁶ Park, Daston und Pomata haben gemeinsam, dass sie in Übereinstimmung mit den verschiedenen Stadien des Begriffes unter „Beobachtung“ sowohl die entsprechenden Handlungen als auch die aus ihnen resultierenden Berichte fassen. Einerseits ist dieser Begriff zwar historisch adäquat und flexibel, andererseits aber auch eher unspezifisch. Zudem werden aufgrund des begriffsgeschichtlichen Schwerpunktes der Beobachtungsprozess selbst sowie die genaue Beziehung zwischen der konzeptionellen und praktischen Ebene letztlich kaum thematisiert.

Dies deckt sich mit bestimmten Bemerkungen aus der Wissenschaftstheorie: Ian Hacking stellt ebenfalls eine gewisse Unschärfe des Beobachtungsbegriffes fest und unterscheidet sechs verschiedene Bedeutungen, die im wissenschaftstheoretischen Diskurs ohne genügende Abgrenzung voneinander verwendet würden. „Beobachtung“ könne ein Datensammeln zur Theoriebildung, eine Achtsamkeit beim Experimentieren, eine dem Experimentieren vorausgehende Tätigkeit, eine Fertigkeit, eine der Theorie vorangehende Aussage oder eine Anwendung von Instrumenten bedeuten. Ferner wird die Wissenschaftstheorie diesbezüglich Hacking zufolge von sprachphilosophischen Überlegungen dominiert und beschäftigt sich vor allem mit der Frage der Theoriebeladenheit von Beobachtungen. Notwendig sei es im Gegenzug dazu, stärker den Aspekt der Fähigkeiten und Kenntnisse

¹⁴Park (2011).

¹⁵Daston (2011).

¹⁶Pomata (2011).

der Beobachter zu thematisieren.¹⁷ Hans Poser nimmt dagegen eher die geschichtliche Entwicklung des Beobachtungsbegriffes zum Ausgangspunkt und stellt fest, dass einerseits schon Leibniz die Beobachtung vom Experiment dadurch unterschied, dass letzteres charakteristischerweise einen verändernden Eingriff in die Objekte beinhalte. Andererseits hätten Versuche, den Beobachtungsbegriff darüber hinaus auszuformulieren, erst am Ende des 17. Jahrhunderts stattgefunden.¹⁸ Der Umstand, dass solche konzeptionellen Überlegungen erst so spät expliziert wurden, deutet darauf hin, dass eng umrissene Beobachtungskonzepte für die frühe Mikroskopie möglicherweise nur eine geringe Rolle gespielt haben. Hierdurch wird abermals die Notwendigkeit vor Augen geführt, für eine Geschichte mikroskopischer Praxis eine Perspektive einzunehmen, die den Schwerpunkt auf Handlungen legt.

Hierfür liefert Poser selbst einen ersten Anhaltspunkt, indem er abseits von seinen historischen Begriffsanalysen Beobachtung als eine intentionale Wahrnehmung im Spannungsfeld von Subjekt und Objekt definiert. Zentrales Charakteristikum einer Beobachtung sei eine gewisse „Suchhaltung“ des Subjekts, die aus einer Hypothese oder Theorie heraus entstehe.¹⁹ Auch Peter Janich sieht die Zweckorientierung als zentrales Moment der Beobachtung, das allerdings zumeist im Zuge einer rhetorischen Aufladung des Begriffes innerhalb der Wissenschaftssprache in den Hintergrund trete. Als Gegenentwurf zu diesen Tendenzen entwickelt Janich einen Beobachtungsbegriff, der in erster Linie auf handlungstheoretischem Vokabular basiert und insbesondere den Beitrag des Beobachters hervorhebt.²⁰

Sowohl Poser als auch Janich wenden sich also aus Begriffs- und Diskursanalyse der Prozessualität von Beobachtungen zu. Beide sehen dabei die Intentionalität dieser Handlung als ihr zentrales Charakteristikum, allerdings beschränkt sich bei ihnen diese Zweckorientierung lediglich auf die Klärung mehr oder weniger konkreter theoretischer Fragen. Im Gegensatz dazu hat Ludwik Fleck, nicht zuletzt ausgehend von seinen eigenen Erfahrungen am Mikroskop, das Beobachten als einen Prozess charakterisiert, der überhaupt nicht dazu imstande ist, Theorien zu widerlegen oder Hypothesen zu bestätigen. Vielmehr stelle Beobachten eine Fertigkeit dar, die im Kontext eines „Denkstiles“ durch praktische Anleitung erlernt werden müsse und verbal nur in sehr eingeschränkter Weise wiedergegeben werden könne. Fleck zufolge stellt eine derartige Anleitung die grundlegende Voraussetzung dafür dar, dass überhaupt spezifische Gestalten unter dem Mikroskop erfasst werden können, und dementsprechend bestehe auch jede Bewertung von Beobachtungen als gelungen oder miss-

¹⁷Hacking (1983, 167–169, 178–180). Allerdings wird gerade anhand des Kapitels über Mikroskopie, das Hacking als Beispiel anfügt, deutlich, dass auch er sich weiterhin hauptsächlich für die Beziehung von Beobachtungen zu Theorien beziehungsweise zur Realität interessiert (ebd. 186, 208–209).

¹⁸Poser (1984, 1073); Poser (1992, 2); Poser (2008, 164).

¹⁹„Als Beobachtung wird eine bewusste Wahrnehmung eines (Beobachtungs-) Subjektes bezeichnet, die absichtlich, aufmerksam-selektiv und planmäßig bestimmte Eigenschaften und Veränderungen eines (Beobachtungs-) Objektes - sei es ein Sachverhalt, seien es Prozesse - mit dem Ziel der Erkenntnisgewinnung vorstellungsmäßig erfasst. So vereinigt die Beobachtung Komponenten, die auf das Beobachtungssubjekt bezogen sind, mit auf das Beobachtungsobjekt abzielenden. [...] In Hinblick auf das Beobachtungssubjekt ist jede Beobachtung von einer Intention getragen, die eine zweckbestimmte Suchhaltung ausdrückt. Dies setzt eine übergreifende Fragestellung, eine implizite oder explizite, rudimentäre oder ausgebildete, subjektive oder konsensuelle Hypothese oder Theorie voraus“ (Poser 1992, 1–2). Dabei kann ferner zwischen inneren (also selbstreflexiven) und äußeren sowie zwischen mittelbaren und unmittelbaren Beobachtungen unterschieden werden (ebd.).

²⁰„Jede Beobachtung in den Naturwissenschaften ist eine Zweckhandlung. Der Zweck einer Beobachtung ist immer die Beantwortung einer Ja-Nein-Frage. [...] Pointiert, die Naturwissenschaften finden immer nur das durch Beobachtung, was sie suchen, aber nichts darüber hinaus. Insbesondere finden sie durch Beobachtungen niemals, wonach sie suchen könnten oder suchen sollten. Naturwissenschaft selbst ist kein Widerfahrnis, sondern besitzt als Kultur Handlungscharakter, ist letztlich vorsätzliches Handeln“ (Janich 1992, 33).

lungen vor allem darin, dass festgestellt werde, ob das Gesehene mit dem Denkstil der jeweiligen Gemeinschaft, welcher der Forscher angehört, vereinbar sei oder nicht. Erst wenn sich in Aushandlungsprozessen innerhalb des Kollektivs aus Widersprüchen beweisbare Überlegungen entwickeln, entstünde schließlich die Möglichkeit, „neue“ Gestalten unmittelbar wahrzunehmen. Ein isolierter Beobachter wird in diesem System also ebenso ausgeschlossen wie eine Entdeckung ohne Vorläufer oder eine Beobachtung, die nicht einem bestimmten Stil folgt. Und dementsprechend könne es auch keine direkte Wirkung von Beobachtungen auf theoretische Belange geben.²¹

Wenn also Beobachtungen nicht die Funktion haben müssen oder können, Hypothesen zu bestätigen oder zu widerlegen, stellt sich die grundsätzliche Frage, welcher Motivation sie stattdessen folgen. In diesem Zusammenhang sei auf Friedrich Steinles Anmerkung hingewiesen, dass auch in der Historiographie des Experimentes die „epistemischen Ziele“ der experimentellen Praxis bisher nicht genügend untersucht wurden, sondern oft aus einer einseitigen Perspektive heraus die Rolle, welche Theorien im engeren Sinne für die Durchführung von Experimenten spielen, überschätzt werde. Zudem vernachlässige die Wissenschaftsgeschichte des öfteren den prozessualen Aspekt der Forschung zugunsten kultureller Einflüsse und berücksichtige nur unzureichend, dass zwischen den publizierten Berichten und dem tatsächlichen Ablauf der Untersuchungen fundamentale Unterschiede bestehen können. Als Gegenbeispiel für die bisher gängigen Ansichten zum Experiment führt Steinle Fälle von „explorativem Experimentieren“ an, wie es sich beispielsweise für Arbeiten zur Elektrodynamik im 19. Jahrhundert nachweisen lasse. Statt auf die Überprüfung von Theorien zielte derartige Vorgehen eher auf das Aufdecken von Regelmäßigkeiten und die Erarbeitung von Klassifikationen und Begriffen ab. Dabei würden in einem Prozess, der zu weiten Teilen einer Eigendynamik folge, durch Variationen der Versuchsanordnungen die Parameter auf einige essentielle Faktoren eingeschränkt. Ferner würden neue Begriffe zur Beschreibung der Phänomene entwickelt, die nicht unbedingt mit bisherigen Theorien übereinstimmen müssten.²²

Fleck und Steinle sprechen sich also gegen eine starre, einseitige Beziehung von Theorie und Praxis aus und weisen stattdessen auf dynamische Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen beiden Bereichen hin. Dementsprechend scheint es ratsam, auch die Untersuchung zur frühen Mikroskopie weniger in Hinblick auf die Rolle von Theorien beim Beobachten auszurichten, sondern sich eher den Teilprozessen des Forschens zuzuwenden und sich dabei auf die Faktoren zu konzentrieren, welche die Beobachtungspraxis unmittelbar bedingen.

Hierbei stellt sich allerdings die grundsätzliche Frage, ob es überhaupt möglich ist, aus den vorhandenen Quellen das tatsächliche Vorgehen der verschiedenen Akteure zu rekonstruieren. Eine ganze Reihe von Autoren weist als Teilergebnis eigener Untersuchungen zu ähnlichen Themen darauf hin, dass publizierte Quellen in der Regel den Forschungsprozess gar nicht wiedergeben oder nur aus rhetorischen Gründen auf bestimmte Teile desselben verweisen.²³ Allerdings lassen sich gerade für die frühe Neuzeit auch Gegenbeispiele finden: So erwähnt Steinle in diesem Zusammenhang, dass Johannes Kepler in seiner *Astronomia Nova* nicht nur die finale Version seines neuen Ansatzes, die Planetenbewegungen zu

²¹Fleck (2006, 58–83).

²²Steinle (2005, 16–19, 29–30, 304–305, 313–316).

²³Für eine Zusammenfassung entsprechender Positionen siehe Schickore (2008, v.a. 330–331, 337). Auch Steinle (2005, 16–17, 333–335) und Heering (2010, 794–795) vertreten ähnliche Ansichten.

berechnen, präsentierte, sondern auch die Schritte auf dem Weg dorthin, inklusive der Fehlschläge.²⁴ Und Pomata zufolge ist eine der charakteristischen Eigenarten der Beobachtung als epistemischen Genres im 17. Jahrhundert gerade, dass Beschreibung und Narrativ streng von Theorien und Rhetorik getrennt wurden, nicht zuletzt weil viele der Autoren selbst eher heterodoxe Ansichten vertraten.²⁵

Im konkreten Fall Antoni van Leeuwenhoeks deutet sich sogar an, dass zuweilen die Grenze zwischen Publikationen und privaten Aufzeichnungen und Mitteilungen nur sehr schwer gezogen werden kann: Alle seine mikroskopischen Beobachtungen, die in Zeitschriften und Büchern erschienen, wurden erst nachträglich und meist von Dritten aus seinen Briefen zusammengestellt, die er selbst als das einzig geeignete Medium für sich ansah. Es kann also nicht von vorneherein ausgeschlossen werden, dass im betrachteten Zeitraum die Berichte über mikroskopische Beobachtungen tatsächlich das Vorgehen der jeweiligen Forscher wiedergaben, so gut wie es mit den verfügbaren Mitteln überhaupt möglich war. Dennoch sollte im jeweiligen Einzelfall vorsichtig abgeschätzt werden, ob es sich bei den Schilderungen vornehmlich um Rhetorik handelt und welchem Zweck diese gedient haben könnte.

1.1.3 Übersicht über die Arbeit

Als Ausgangspunkt für eine Geschichte des mikroskopischen Beobachtens bietet sich aus verschiedenen Gründen Peter Heerings Konzept des „Experimentierstils“ an: Erstens richten sich seine Überlegungen direkt auf die wissenschaftliche Praxis als Tätigkeit und Prozess. Zweitens verfügt das Konzept über eine gewisse Flexibilität und Offenheit.

Heering definiert Experimentieren als „gerichtetes Arbeiten mit einer zweckorientiert entwickelten Apparatur unter entsprechendem gedanklichen und sachlichen Verarbeiten des hierbei Produzierten.“²⁶ Wie schon bei Fleck hängt der Stil, in dem sich dieses Arbeiten vollzieht, in zentraler Weise von der Zugehörigkeit der Akteure zu einem Kollektiv ab: „Erziehung, Tradition und Reihenfolge des Erkennens [sind] wesentlich an der Produktion neuer Erkenntnisse beteiligt.“²⁷ Diese Faktoren bestimmen das Vorgehen bei den Beobachtungen und werden durch Anleitungen von Angehörigen eines bestimmten Stils direkt an zukünftige Mitglieder desselben übermittelt.²⁸

Zugespitzt geht es Fleck und Heering also um zwei Punkte: Erstens sind wissenschaftliche Praktiken soziale, an bestimmte Gruppen gebundene *Handlungen*. Zweitens gilt das gleiche auch für Tatsachen, die im Zuge wissenschaftlicher Praxis festgestellt beziehungsweise bestätigt werden: Diese werden nicht einfach vorgefunden, sondern *entstehen* erst durch den Konsens in der Vorgehensweise einer Gruppe. Auffällig ist jedoch, dass Fleck von Beobachtungen spricht, während bei Heering der Begriff des Experimentes im Vordergrund steht. Hierin deutet sich das Problem an, dass Beobachtung und Experiment zwar gemeinhin als spezifische Formen wissenschaftlicher Praxis verstanden werden, die genaue Abgrenzung der beiden Begriffe voneinander aber nur schwer möglich ist: Aus begriffsgeschichtlicher Perspektive werden spätestens ab der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts

²⁴Steinle (2005, 334).

²⁵Pomata (2011, 58–59, 67).

²⁶Heering (2007, 364).

²⁷Heering (2007, 365).

²⁸Heering (2007, 364–366).

beide als verschiedene, aber komplementäre Praktiken verstanden, die sich hauptsächlich dadurch unterscheiden, dass die Beobachtung auf passive Beschreibung der Objekte abzielt, während das Experiment aktiv in diese eingreift. Zuweilen erscheinen beide auch als Komponenten eines zyklischen Modells wissenschaftlicher Praxis: Beobachtungen provozieren Experimente, die dann wiederum mit einer Beobachtung enden.²⁹ Für die Geschichte der Mikroskopie ist all dies deswegen von Belang, weil die Forscher in ihren Untersuchungen zuweilen auch Techniken verwendeten, mit denen aktiv die Objekte beeinflusst wurden. Trotzdem charakterisierten sie ihr Vorgehen fast ausnahmslos als Beobachtungen, und es erscheint nur wenig sinnvoll, entgegen dieser historischen Begrifflichkeiten von „mikroskopischen Experimenten“ zu sprechen, zumal damit das eigentliche Problem nur verschoben wird.³⁰ Eine Einordnung der mikroskopischen Praxis unter allgemeinere Begriffe kann in sinnvoller Weise erst erfolgen, wenn die Vorgehensweise der Forscher selbst hinlänglich untersucht worden ist. Aus diesem Grund wird im Folgenden Heerings eher offener Begriff des Experimentierstils zunächst als allgemeines Konzept von wissenschaftlicher Praxis verstanden, was auch insofern legitim erscheint, als es selbst nicht auf einen dezidierten Unterschied zwischen Experiment und Beobachtung verweist. Das Verhältnis von Mikroskopie, Beobachtung und Experiment im Allgemeinen kann dann in einer abschließenden Reflexion thematisiert werden.

Unabhängig davon, ob man nun damit konform geht, dass die Zugehörigkeit zu einem Kollektiv in der beschriebenen Weise die Beobachtungen bedingt, werden durch Heerings Begriffe drei interessante Fragenkomplexe aufgeworfen: Erstens stellt sich ausgehend vom Aspekt der „Tradition“ die Frage, in welcher Weise und in welchem Ausmaß die Vorgehensweise bei mikroskopischen Beobachtungen durch kontextuelle Bedingungen bestimmt wurde. Dementsprechend wird diese Arbeit zuerst untersuchen, welche Rolle Themen und Fragestellungen aus etablierten disziplinären *Kontexten* für mikroskopische Beobachtungen spielten. In der Regel werden die Beobachtungen dieses Zeitraumes jeweils der Naturphilosophie, Naturgeschichte oder Medizin beziehungsweise Anatomie zugeordnet. Hierfür werden entweder disziplinäre Zugehörigkeiten der jeweiligen Akteure zugrunde gelegt, oder aber die Beobachtungsergebnisse werden ausgehend von den untersuchten Objekten als Beitrag zu einem dieser Themenfelder gewertet.³¹ Es ist allerdings einerseits durchaus möglich, dass bestimmte Objekte für mehrere Disziplinen von Interesse waren, oder dass Akteure nur in loser oder gar keiner Verbindung zu diesen drei Traditionslinien standen. Andererseits ist darüber hinaus zu großen Teilen bisher ungeklärt, welche Beziehung im Einzelnen zwischen der mikroskopischen Praxis und den drei genannten Bereichen bestand, die sich in Intention, Vorgehensweise und Wissensbestand zum Teil grundlegend unterschieden: Entstanden aus diesen Traditionslinien spezifische Fragestellungen für Beobachtungen, oder stellten sie eher allgemeine Leitlinien dar? Änderte sich die Beziehung zwischen den Untersuchungen und diesen Kontexten im Laufe der Zeit, oder blieb sie eher statisch? Um derartige Fragen zu klären, soll im zweiten Kapitel dieser Arbeit nachvollzogen werden, in welchem Maße die Fragestellungen für konkrete Beobachtungen durch Themen und offene Fragen aus den drei Kontexten bedingt waren.

²⁹Daston (2011, 85–87).

³⁰Meli spricht mit Bezug auf die mikroskopischen Beobachtungen Malpighis zeitweise von Beobachtungen (Meli 2011b), zeitweise von Experimenten (Meli 2011a), ohne dass die Begriffe zueinander in Bezug gesetzt werden.

³¹Siehe bspw. Lüthy (1995); Wilson (1995, v.a. 176–214); Fournier (1996, 31–32, 179–181, 194–195); Ruestow (1996, 81–84, 131–132, 248); Meli (2011a, 171–173).

Hinsichtlich Heerings Idee von der „Reihenfolge des Erkennens“ stellt sich an zweiter Stelle die Frage, ob und inwieweit verschiedene Beobachtungen voneinander abhingen. Um dies zu erschließen, soll untersucht werden, unter welchen Perspektiven verschiedene *Objekte* studiert wurden und ob sich diese anlässlich anderer Untersuchungen veränderten. Dabei steht weniger die Frage im Vordergrund, welche Objekte hinsichtlich bestimmter theoretischer Fragen besonders herausfordernd waren, sondern eher in welche Beziehungen verschiedene Objekte im Rahmen der Beobachtungen zueinander gesetzt wurden. Dementsprechend liegt der Fokus des dritten Kapitels darauf, zu analysieren, welche Vergleiche und Analogien zwischen Gegenständen entstanden, die mit dem Mikroskop untersucht wurden, und welche Rolle sie für den Ablauf der Untersuchungen und ihre Ergebnisse hatten. Um hierfür eine möglichst gute Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Forschern herzustellen, konzentriert sich diese Analyse zunächst auf Pflanzen und Insekten als die zwei Klassen von Objekten, welche der Durchsicht der Quellen zufolge am häufigsten Gegenstand von mikroskopischen Beobachtungen wurden. Darüber hinaus scheinen die Beobachtungen von Organen und mikroskopisch kleinen „Tierchen“ oder *Animalcula* von Interesse, da in diesen beiden Fällen die Frage nach den Beziehungen von Objekten zueinander in zugespitzter Form relevant war.

Ausgehend von Heerings Hinweis auf die Rolle der „Erziehung“ beziehungsweise der Vermittlung von Fertigkeiten stellt sich schließlich als Drittes die Frage nach den *Methoden* der einzelnen Forscher und unter welchen Umständen diese entwickelt und kommuniziert wurden. Dabei sollen einerseits die Instrumente und technischen Verfahren berücksichtigt werden, die bei mikroskopischen Beobachtungen verwendet wurden. Hierbei ist insbesondere zu berücksichtigen, dass es sich beim Mikroskop seinerzeit um ein neues Instrument handelte und die heute etablierte Arbeitsweise mit (gefärbten) Schnitten auf gläsernen Objektträgern, die durchleuchtet werden können, *nicht* als gegebener Standard angenommen werden sollte. Vielmehr ist erst anhand der Quellen zu erschließen, welche Techniken eingesetzt wurden und welchen Stellenwert Erläuterungen diesbezüglich überhaupt innerhalb der Texte hatten. Da Fleck zufolge aber bereits das mikroskopische Sehen eine Fähigkeit darstellt, die erlernt und spezialisiert werden muss, soll andererseits auch untersucht werden, inwieweit die Wahrnehmung von den Forschern thematisiert und in welchen Bezug sie zu den technischen Aspekten des Beobachtens gesetzt wurde. Ferner sollen mit Blick auf eine mögliche Entstehung von Stilen auch methodologische Überlegungen der Beobachter mit in die Analyse im vierten Kapitel aufgenommen werden, ohne dabei allerdings den konkreten Bezug zu spezifischen Beobachtungen aus den Augen zu verlieren.

Neben dem erwähnten Schwerpunkt auf die zweite Hälfte des 17. Jahrhunderts lässt sich in der bisherigen Historiographie eine gewisse Bevorzugung von Beobachtungen feststellen, denen Abbildungen beigegeben sind.³² Das große Potential, das mikroskopische Bilder anscheinend für Schlussfolgerungen zu Fragen der Wahrnehmung, ikonographischer Techniken sowie der Wissenspopularisierung bergen, hat zu einigen aufschlussreichen neuen Studien geführt: Angela Fischel versteht, ausgehend von einer Untersuchung der *Micrographia* von Robert Hooke, mikroskopische Abbildungen nicht nur als Träger von Informationen über die Beobachtungsobjekte sondern auch von Ideen der Bildung, des Fortschrittes und der Unterhaltung, welche als der Beginn eines neuen, naturalisierten ästhetischen Ideals verstanden werden können.³³ Darüber hinaus ließe sich laut Fischel erkennen, dass über die

³²Vgl. etwa die thematischen Schwerpunkte bei Fournier (1996) und Ruestow (1996).

³³Fischel (2006).

perspektivische Darstellung die Abbildungen im Sinne eines „virtual witnessing“ plausibler gemacht werden sollten. Diese dürften aber nicht nur als publizistisches Beiwerk zum Text verstanden werden: Als unmittelbareres Produkt der Beobachtung würden sie vielmehr dessen Grundlage bilden.³⁴ In ähnlicher Weise führt Janina Wellmann aus, dass Abbildungen eng mit den jeweiligen Kontexten und dem Verlauf von Beobachtungen verwoben gewesen seien und der Wandel im Verständnis von Metamorphose-Prozessen grundlegend auf die Entstehung einer neuen Darstellungsform, des Serienbildes, zurückgeführt werden könne.³⁵

Allerdings beanspruchen neben Fischel und Wellmann auch die bereits erwähnten Studien von Cobb und Freedberg, dass in den jeweils von ihnen untersuchten Fällen der Anfang einer neuen graphischen Darstellungsform zu suchen wäre.³⁶ Ferner fehlt es in diesen Beiträgen an einer genaueren Bestimmung dessen, was eigentlich unter Beobachtung verstanden wird, so dass kaum spezifischere Aussagen über die Entstehung und Verwendung von Bildern im Forschungsprozess getroffen werden können. Dies wird umso problematischer, wenn man bedenkt, dass nur ein Bruchteil der mikroskopischen Beobachtungen, die in der frühen Neuzeit publiziert wurden, überhaupt mit Abbildungen versehen wurde: In Pierre Borels Sammlung von einhundert mikroskopischen Beobachtungen finden sich beispielsweise lediglich sieben Illustrationen, zahlreiche Briefe Leeuwenhoeks beschränken sich auf eine textliche Schilderung der Beobachtungen, und auch später umfassten selbst umfangreiche und extrem populäre Bücher mitunter nur eine Handvoll Abbildungen, wie auch Fischel einräumt.³⁷ Trotz der nachweislichen Veränderungen in den Darstellungsformen ist es also zumindest problematisch, Abbildungen als integralen Bestandteil von Beobachtungen und ihrer Kommunikation zu bestimmen. Vielmehr stellt sich diesbezüglich die Frage, ob nicht der bisherige Schwerpunkt auf illustrierte Beobachtungen mit dazu beigetragen hat, dass der eigentliche Forschungsprozess bisher kaum ausführlich thematisiert wurde. Denn auch wenn das Anfertigen von Abbildungen wahrscheinlich häufiger Teil dieses Prozesses war, als die Publikationen vermuten lassen, geben sie doch über die Praktiken selbst nur bedingt Auskunft.

Da es auch Ziel dieser Arbeit ist, sich vom Schwerpunkt auf die Zeit nach 1665 zu lösen, sollen diese Quellen im folgenden so weit gleichberechtigt miteinander verhandelt werden, wie es angesichts der Unterschiede im Umfang der Texte möglich ist.³⁸ Zweitens sollen, ausgehend vom zeitgenössischen Verhältnis von Illustrationen und Texten, letztere im Vordergrund stehen. Ausgehend von Ratcliffs Feststellung, dass um 1720 fundamentale Veränderungen in der mikroskopischen Forschung festgemacht werden können, sollen hierfür die zentralen Texte zur Mikroskopie von den Anfängen in den 1620er Jahren bis zu den Arbeiten Leeuwenhoeks, der 1723 starb, herangezogen werden.³⁹

Angesichts der wesentlichen Rolle, welche die Beziehung von Individuum und Denkkollektiv in den Konzepten von Fleck und Heering einnimmt, wird dabei die Kommunikation zwischen den Akteuren zu einem wichtigen Aspekt: Einerseits stellt die Möglichkeit zum Austausch über Beobachtungen die Voraussetzung dafür dar, dass überhaupt in einer

³⁴Fischel (2002).

³⁵Wellmann (2008).

³⁶Freedberg (1998, 291–292), Cobb (2002, 119).

³⁷Fischel (2006, 260).

³⁸Forschern, die sich über einen längeren Zeitraum mit mikroskopischen Beobachtungen beschäftigt haben, wird dabei vor allem deswegen mehr Aufmerksamkeit zugestanden, weil sich ihnen im stärkeren Maße die Möglichkeit bot, sich im Beobachten weiterzuentwickeln.

³⁹Ratcliff (2009).

sinnvollen Weise nach der Entstehung von Beobachtungsstilen gefragt werden kann. Andererseits ist es denkbar, dass Forscher trotz der Anbindung an kommunikative Netzwerke eher individuelle Vorgehensweisen entwickeln. Deswegen wird der Auseinandersetzung mit den drei Hauptfragen zunächst eine Einführung vorangestellt, die einen Überblick über die verschiedenen Forscher und ihre Beziehungen zueinander geben soll. Durch diese Übersicht wird auch deutlich werden, dass die bisherige Periodisierung der Mikroskopie insofern problematisch ist, als sich Kontinuitäten zwischen Akteuren andeuten, die aus dieser Perspektive unterschiedlichen Phasen angehören.⁴⁰ Die eigentliche Analyse in Hinblick auf die drei Hauptaspekte Kontexte, Objekte und Methoden wird dann möglichst detailliert die Eigenheiten der einzelnen Akteure herausarbeiten, um Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen ihnen aufzeigen zu können.

1.2 Mikroskopische Beobachter im Überblick

1.2.1 England und die Royal Society

In England startete die mikroskopische Forschung ab den 1620ern von zwei verschiedenen, aber dennoch verbundenen Ausgangspunkten: Zum einen berichtete der Politiker und Philosoph Francis Bacon (1561–1626) in seinem *Novum Organon* (1620) aus einer methodologischen Perspektive heraus über das neue Instrument und die Möglichkeiten und Probleme, welche die Forschung mit ihm mit sich bringen konnte. Zum anderen berichtete der Mediziner William Harvey (1578–1657) in seiner *Exercitatio de motu cordis et sanguinis in animalibus* (1628) erstmals über seine anatomisch motivierten mikroskopischen Beobachtungen, wenn auch nur am Rande. Harvey kannte Bacon durch seine Arbeit als Arzt für verschiedene Adelige in London persönlich und verwendete wie dieser den Begriff *perspicillum* für das neue Instrument, er stand seinen programmatischen Ausführungen jedoch eher ablehnend gegenüber. In späteren Jahren arbeitete Harvey in Oxford mit einem Mediziner namens Nathaniel Highmore (1613–1685) zusammen, der schließlich in seiner *History of Generation* (1651) über Beobachtungen an Hühnereiern berichtete und dabei den Begriff *microscope* verwendete, während Harvey in einer ähnlichen Schrift im gleichen Jahr bei *perspicillum* blieb. Zwischenzeitlich hatte Highmore den Naturphilosophen Robert Boyle (1627–1691) kennengelernt, der ab 1661 in verschiedenen seiner Schriften ebenfalls auf das Mikroskop als Forschungsmittel verwies, älteren Manuskripten zufolge aber schon seit den 1640er Jahren mit dem Instrument vertraut war.

In der 1660 in London gegründeten Royal Society war Boyle ein angesehenes Mitglied, aber auch andere Mitglieder dieser Einrichtung beschäftigten sich mit dem Mikroskop: Henry Power (1623–1668), wiederum ein Mediziner, veröffentlichte 1665 seine dreiteilige *Experimental Philosophy*, deren erstes Kapitel aus einer Sammlung von mikroskopischen Beobachtungen an verschiedenen Objekten bestand. Kurz darauf stellte Robert Hooke, der sich in erster Linie als Vertreter einer mechanistischen, experimentell vorgehenden Naturphilosophie sah, mit seiner *Micrographia* (1665) eine Publikation vor, welche fast ausschließ-

⁴⁰Die entsprechenden Verbindungen werden in den gängigen wissenschaftshistorischen Nachschlagewerken sowie den o.g. Monographien bereits erwähnt, aber im Zusammenhang mit derartigen Periodisierungen in der Regel nicht thematisiert. Nachweise beschränken sich an dieser Stelle auf diejenigen Verbindungen, welche in der Literatur bisher gar nicht oder erst durch neuere Forschung berücksichtigt wurden.

lich über mikroskopische Untersuchungen berichtete und dabei wiederum sehr verschiedene Themen umfasste.

Von den englischen Mitgliedern der Royal Society ist ansonsten vor allem noch der Mediziner Nehemiah Grew (1641–1712) hervorzuheben, der zwischen 1671 und 1677 mehrere Schriften zur Pflanzen-Anatomie veröffentlichte, die zu einem großen Teil auf mikroskopischen Beobachtungen basierten. Ansonsten kamen die herausragenden Beobachtungen ab nun von ausländischen Fellows: Marcello Malpighi (1628–1694) hatte Medizin und Philosophie studiert und lebte den Großteil seines Lebens in Bologna. Er verbrachte unter anderem aber auch einige Jahre in Pisa, wo er in Kontakt mit Giovanni Alfonso Borelli, einem Schüler Galileis, kam. Ab 1661 veröffentlichte Malpighi eine ganze Reihe von Schriften, die in ihrer Thematik schließlich von anatomischen Untersuchungen von Organen bis zu Studien an Insekten, Hühnerembryonen und Pflanzen reichen sollten und in denen mikroskopische Beobachtungen durchweg eine große Rolle spielten; 1669 wurde er zum Mitglied der Royal Society ernannt.

Einige Jahre später (1673) hörte man in London zum ersten Mal von einem Tuchhändler aus der niederländischen Stadt Delft, der sich mit mikroskopischen Beobachtungen beschäftigte. Von diesem Zeitpunkt an schrieb Antoni van Leeuwenhoek (1632–1723), abgesehen von einigen Unterbrechungen, regelmäßig Briefe zu sehr verschiedenen Fragen an die Royal Society, die ihn allerdings erst 1680 zum Fellow machte. Daneben stand er auch in direktem Kontakt mit anderen Forschern, von denen vor allem Christiaan Huygens (1629–1695), Mitglied der Royal Society und der Académie des Sciences in Paris, zu erwähnen ist. Huygens war zwar selbst ein fähiger Beobachter und bemühte sich darum, einige von Leeuwenhoeks Beobachtungen zu reproduzieren, eigene Untersuchungen scheint er darüber hinaus jedoch nicht in Angriff genommen zu haben, weswegen er in dieser Arbeit nur am Rand eine Rolle spielen wird.⁴¹

Jan Swammerdam (1634–1680) hatte nach seinem Medizinstudium in Leiden und einer Reise durch Frankreich 1669 eine *Historia insectorum generalis* veröffentlicht, in der mikroskopische Beobachtungen allerdings nur eine geringe Rolle spielten. Erst als ihm um 1671 Malpighis Insektenbeobachtungen bekannt wurden, begann er sich eingehender mit den Möglichkeiten des Mikroskops zu beschäftigen und neue Beobachtungen zu veröffentlichen. Obwohl Swammerdam, der nun in Amsterdam lebte, in brieflichem Kontakt zu Henry Oldenburg, dem Sekretär der Royal Society, stand und von diesem zu weiterer Forschung ermutigt wurde, wurde er keines ihrer Mitglieder. Seine direkte Kommunikation mit Malpighi beschränkte sich darauf, dass er diesem seine Darstellungen eines Seidenspinners zukommen ließ, als er sich infolge einer religiösen Krise von der Wissenschaft abwandte.⁴² Und auch zu Leeuwenhoek stand Swammerdam nach einigen persönlichen Besuchen in Delft in einem eher schwierigen Verhältnis.

Auffällig ist bereits bei dieser Teil-Zusammenfassung, wie unterschiedlich der fachliche Hintergrund der verschiedenen Forscher zuweilen ausfiel, und dass dieser nicht zwingend mit den Themen verbunden war, mit denen sich ihre Beobachtungen befassten. Auch dass Themen durch den direkten oder indirekten Kontakt von Beobachtern zueinander bestimmt wurden, lässt sich nur in einigen Fällen erkennen.

⁴¹Fournier (1981); Fournier (2007, 225–229).

⁴²Cobb (2002).

1.2.2 Frankreich und Italien

Einer der ersten erhaltenen Berichte über mikroskopische Beobachtungen stammt vom Politiker und vielseitig interessierten Naturforscher, Sammler und Netzwerker Nicolas-Claude Fabri de Peiresc (1580–1637). Peiresc erlebte 1622 die Demonstration eines Mikroskopes, das vom Erfinder Cornelis Drebbel (1572–1633) gebaut worden war und das er selbst schlicht als *lunette* bezeichnete. Auch wenn er selbst später kaum Beobachtungen mit derartigen Instrumenten angestellt hat, nutzte Peiresc doch seine weitreichenden Kontakte, um sie unter seinen Korrespondenten und Bekannten weiter zu verbreiten. Hierzu zählt erstens Pierre Gassendi (1592–1655), der sich die Reformation der atomistischen Naturphilosophie zum primären Ziel seiner Arbeit gesetzt hatte. Auf die Beobachtungen, die er mit seinem *engyscopium* oder *microscopium* durchführte, verwies er sowohl in seinen Schriften als auch in seiner Korrespondenz mit Marin Mersenne, der Schlüsselfigur eines weiteren Briefnetzwerkes. Zweitens sorgte Peiresc durch Empfehlungen dafür, dass die Instrumente von Drebbel auch in Italien bekannt wurden, wo sie von den Mitgliedern der Accademia dei Lincei benutzt wurden.

Zum Netzwerk von Mersenne zählten zwei weitere Personen, die eine wichtige Rolle für die Geschichte der Mikroskopie spielen: René Descartes (1596–1650) hat sich seinen Briefen zufolge spätestens ab 1630 an mikroskopischen Beobachtungen versucht, wandte sich aber, nachdem er in seiner *Dioptrique* (1637) den Aufbau einer entsprechenden *lunette* beschrieben hatte, von derartigen Untersuchungen ab. Und der Universalgelehrte Athanasius Kircher (1602–1680) berichtete aus Rom über seine Beobachtungen mit dem *smicroscopium*, die er ab 1646 auch immer wieder in seinen Schriften erwähnte.

Für die Accademia dei Lincei war der ursprüngliche Ausgangspunkt für eine Beschäftigung mit Mikroskopen zunächst gewesen, dass Galileo Galilei (1564–1642) ein solches Instrument gebaut hatte, das er *occhialino* nannte beziehungsweise als eine besondere Form von Teleskop beschrieb und dessen Anwendung er beiläufig in seinem Werk *Il Saggiatore* (1623) erwähnt hatte. Vor allem der Leiter der Akademie Federico Cesi (1585–1630) und Francesco Stelluti (1577–1652) versuchten ab 1625 das *microscopium*, das seinen neuen Namen vom Akademiemitglied Johannes Faber erhalten hatte, im Rahmen naturhistorischer Forschung zu nutzen, um Insekten und Pflanzen zu untersuchen. Bei den Untersuchungen an Bienen arbeiten sie mit dem ansonsten eher als Astronom tätigen Francesco Fontana (1580–c.1656) zusammen, der 1656 weitere mikroskopische Beobachtungen als Teil seiner *Novae coelestium terrestriumque rerum observationes* veröffentlichte.

Zusammengeführt wurden diese französischen und italienischen Beobachtungen zum Teil schließlich von Pierre Borel (c. 1620–1671), einem französischen Mediziner, der sie 1656 zusammen mit eigenen Beobachtungen als *Observationum microscopiarum centuria* veröffentlichte. Während er selbst konkret Bezug auf so verschiedene Forscher wie Peiresc, Gassendi, Descartes, Cesi, Stelluti, Fontana und Kircher nahm, wurde sein eigener Beitrag so gut wie nicht zur Kenntnis genommen: Von 1657 bis 1660 korrespondierte Borel mit Henry Oldenburg, weder in ihrem direkten Briefwechsel noch in Oldenburgs Bemerkungen über Borels Schriften und Nachrichten gegenüber anderen Korrespondenten spielten aber mikroskopische Beobachtungen eine Rolle.⁴³

⁴³Oldenburg (1965–1977, 1.178, 219, 226, 228, 230, 246, 248, 250, 322, 335, 343, 346, 354, 355, 362). Bemerkenswerterweise wusste Samuel Hartlib, zu dessen Korrespondenznetzwerk auch Oldenburg gehörte, bereits im

Borel erwähnte auch die Beobachtungen des Sizilianers Giovan Battista Odierna (1597–1660), der vor allem durch seine astronomischen Beobachtungen, über die er unter anderem mit Huygens korrespondierte, eine gewisse Bekanntheit erreichte. Seine Abhandlung über die mikroskopische Struktur des Fliegenauges von 1644, wurde hingegen scheinbar kaum zur Kenntnis genommen, zuweilen wird allerdings vermutet, dass Malpighi sich von ihr inspirieren ließ.

Auch innerhalb der italienischen und französischen Netzwerke lassen sich nur wenige Übereinstimmungen oder Abhängigkeiten hinsichtlich der Thematiken erkennen, mit denen sich die verschiedenen Forscher beschäftigt haben. Ebenso fällt erneut auf, dass der ursprüngliche fachliche Hintergrund der Beobachter eine eher geringe Rolle für die Richtung gespielt zu haben scheint, in der sie ihre Untersuchungen durchführten. Darüber hinaus kann sowohl in diesem Zusammenhang als auch hinsichtlich des englisch geprägten Netzwerkes festgestellt werden, dass vor der Verbreitung des Namens „Mikroskop“ eine ganze Reihe verschiedener Begriffe für das neue Instrument verwendet wurde. Einige dieser Namen betonten eher seinen neuen Charakter, andere dagegen eher die Kontinuität mit bisherigen optischen Hilfsmitteln. Hieraus könnte man schließen, dass das Mikroskop in diesen Fällen eben nicht als neues Instrument verstanden wurde, sondern hierzu erst bestimmte kontextuelle Bedingungen vorhanden sein mussten.⁴⁴ Allerdings wird auch hier anhand beigefügter Bemerkungen beziehungsweise Beschreibungen deutlich, dass es sich beim Mikroskop um ein Instrument handelte, das sich eben nicht unmittelbar aus bereits bekanntem erschloss, sondern gewisser zusätzlicher Erläuterung bedurfte. Unabhängig von dieser Frage deutet sich aber in den verschiedenen Namen erneut an, dass es auch innerhalb der Netzwerke eine gewisse Diversität der Konzepte von mikroskopischer Forschung gab, die bei der Auseinandersetzung mit diesem Thema nicht unberücksichtigt bleiben sollte.

Sommer 1655 von Borels Beobachtungen (Greengrass, Leslie und Hannon 2013, 26/41). Power scheint Borels Buch zumindest teilweise gekannt zu haben (s.u. S. 58).

⁴⁴Siehe hierzu die These von Lüthy (1995, 160–327, v.a. 217), dass das Mikroskop als technischer Apparat nicht „erfunden“ wurde.

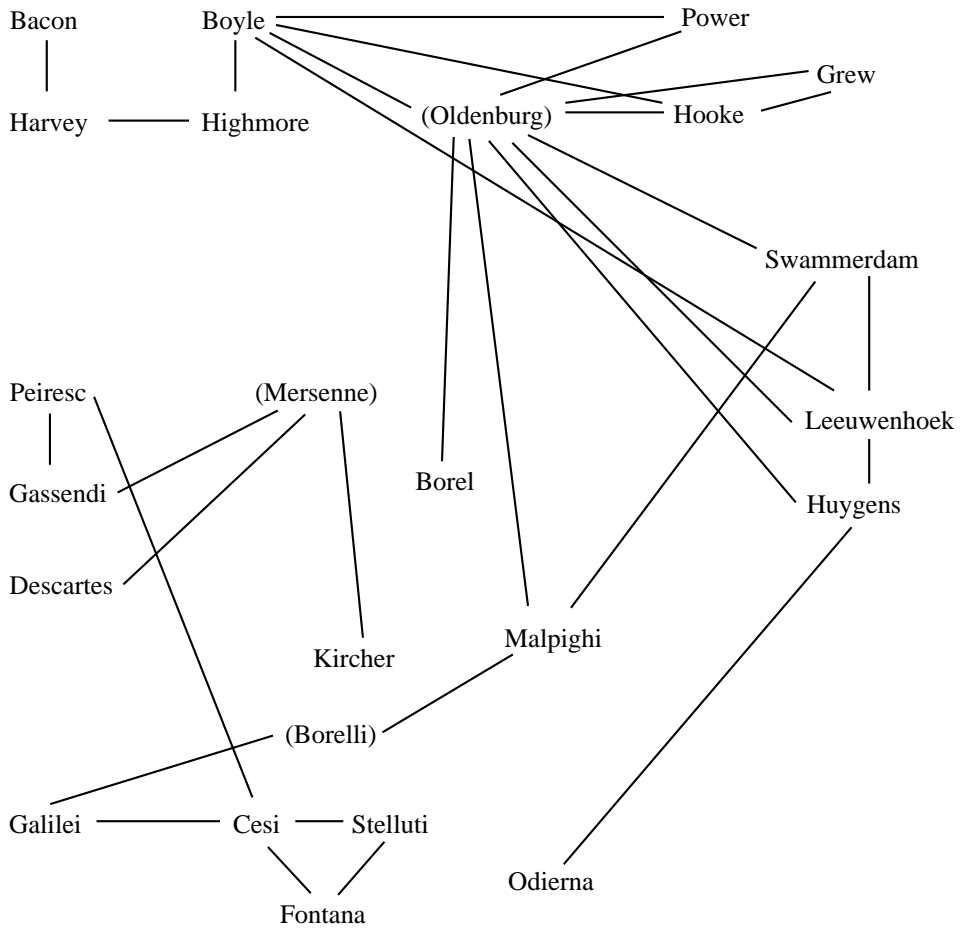


Abb. 1.1: Mikroskopische Beobachter und ihre Netzwerke

Kapitel 2

Kontexte und Fragestellungen

2.1 Naturphilosophie

2.1.1 Erste Beurteilungen: Skepsis und Zögern

Bisherige Kontextualisierungen von mikroskopischen Beobachtungen gehen zumeist davon aus, dass diese jeweils unter bestimmten, disziplinär geprägten Bedingungen stattgefunden haben. Angesichts der bereits angedeuteten personellen und thematischen Überschneidungen und Differenzen erscheint es jedoch ratsam eher danach zu fragen, ob und zu welchem Ausmaß bestimmte geistesgeschichtliche Traditionen in Form von Perspektiven und Thematiken die Durchführung mikroskopischer Beobachtungen beeinflusst haben. Somit kann einerseits die Möglichkeit besser berücksichtigt werden, dass die Akteure ihre Forschung in mehrere Kontexte gestellt haben könnten. Andererseits können etwaige Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Kontexten auf diese Weise leichter erfasst werden. Im folgenden soll es also *nicht* darum gehen, die Geschichte mikroskopischer Beobachtungen *innerhalb* der Naturphilosophie (und dann der Naturgeschichte und Medizin) nachzuvollziehen, vielmehr soll der Einfluss und die Relevanz dieser Traditionen auf die Forschung mit diesem neuen Instrument beleuchtet werden. Dabei sind einerseits explizite Auseinandersetzungen mit Traditionen und ihren Begrifflichkeiten zu untersuchen, andererseits ist zu beachten, in welchem Zusammenhang die traditionelle Kontextualisierung einer Thematik und die tatsächliche Ausrichtung spezifischer Beobachtungen standen.

Grundsätzlich lassen sich zwei Ebenen unterscheiden, auf denen Mikroskopie und *Naturphilosophie* zueinander in Bezug traten: Erstens konzipierte eine Reihe von Forschern ihre Beobachtungen hinsichtlich der Thematik und der Auswahl der Objekte in engem Zusammenhang mit naturphilosophischen Theorien. Hierzu zählen vor allem die Fälle, in denen die Beobachtung von bestimmten Stoffen auf ihre mikroskopischen Strukturen hin dadurch motiviert worden war, dass verschiedene Korpuskularphilosophien versucht hatten, die Eigenschaften und Veränderungen von Materie aus den Formen und Bewegungen kleinster Partikel zu erklären. Zweitens wurden aber die Beobachtungen allgemein aus philosophischer Perspektive bezüglich ihres prinzipiellen Erkenntniswertes unterschiedlich beurteilt, wodurch weitere Forschung angeregt oder behindert werden konnte.

Beide Aspekte traten zunächst eher in allgemein gehaltenen, programmatischen Ausführungen in Erscheinung als im Zusammenhang mit konkreten Untersuchungen: Francis Bacon warnte in seinem *Novum Organon* (1620) generell vor Fehlinterpretationen von Beobachtungen im Zusammenhang mit theoretischen Konzepten, wobei er sich explizit auf den Atomismus bezog. Zudem wies er darauf hin, dass technische Unzulänglichkeiten eine brei-

te Anwendung des Mikroskops in der Forschung noch behindern würden.¹ Galileo Galilei erwähnte im Gegensatz dazu in *Il Saggiatore* (1623) mikroskopische Beobachtungen gerade als ein Mittel, um den Atomismus zu bestätigen, beließ es aber diesbezüglich ebenfalls bei prinzipiellen Bemerkungen.²

Auch René Descartes beschränkte sich in seiner *Dioptrique* (1637) darauf, dem Mikroskop einen grundsätzlichen Nutzen im Kontext einer korpuskularen Naturphilosophie zu bescheinigen, ohne detailliert auf konkrete Beobachtungen einzugehen.³ Bemerkungen über die Transparenz von Stoffen bei optischer Vergrößerung, die sich in einem Brief an Marin Mersenne im Januar 1630 finden, deuten jedoch an, dass er zuvor bereits Untersuchungen an verschiedenen Objekten durchgeführt hatte, während er 1640 in einem weiteren Brief eher die technischen Probleme von Mikroskopen betonte.⁴ In Übereinstimmung hierzu hatte sich auch Descartes' Epistemologie verändert: Während er der Empirie zunächst noch einen größeren Stellenwert eingeräumt hatte, wurde nun, nicht zuletzt aufgrund von Unzulänglichkeiten in der praktischen Optik, die Deduktion zum zentralen Aspekt. Mit der Entstehung des Cartesianismus und dessen Verbreitung sollte sich dies schließlich mehr und mehr als Hindernis für die mikroskopische Forschung entpuppen.⁵

2.1.2 Etablierung

Eine größere Relevanz und Verlässlichkeit wurde mikroskopischen Beobachtungen von naturphilosophischer Seite erst durch Pierre Gassendi zugestanden: Einerseits finden sich in seinen Schriften zahlreiche Hinweise auf Beobachtungen an sehr verschiedenen Gegenständen, andererseits wurde auf diese Beobachtungen zumeist vornehmlich deswegen verwiesen, um Aspekte des Atomismus zu illustrieren oder zu untermauern: Anhand der augenscheinlichen und der mikroskopischen Form des *Acarus* und der Untersuchung von Gegenständen, welche rätselhafte Sinneseindrücke auslösten, konnte Gassendi seine Überlegungen zur Wahrnehmung verdeutlichen.⁶ Seine Untersuchungen von Salz, während deren er

¹ „Primi generis sunt [...] ea quae nuper inventa sunt perspicilla; quae latentes et invisibiles corporum minutias, et occultos schematismos et motus (aucta insigniter specierum magnitudine) demonstrant [...] Democritus, exiluisse forte, et modum videndi atomum (quem ille invisibilem omnino affirmavit) inventum fuisse putasset. Verum incompetencia hujusmodi perspicillorum, praeterquam ad minutias tantum (neque ad ipsas quoque, si fuerint in corpore majusculo), usum rei destruit. Si enim inventum extendi posset ad corpora majora, aut corporum majorum minutias, [...] magna procul dubio ex eo invento commoditates capi possent“ (*Novum Organon* (1620), Lib. II, Aph. 39; zitiert nach: Bacon (1996, 11.342–344)).

² „Prenda egli qualsivoglia materia, o sia pietra, o sia legno, o sia metallo, e tenendola al Sole, attentissimamente la rimiri, ch'egli vi vederà tutti i colori compartiti in minutissime particelle, e s'ei si servirà per riguardargli d'un Telescopio per veder gli oggetti vicinissimi, assai più distintamente vederà quant'io dico“ (Galilei 1890–1909, 6.290). Zum Stellenwert des Mikroskops in Galileis Forschung siehe Lüthy (1995, 216–225).

³ „[Je] les juge toutes fois beaucoup plus vitiles, a cause qu'on pourra voir par leur moyen les diuers meslanges & arrangemens des petit parties dont les animaux & les plantes, & peutestre aussy les autres cors qui nous environnent sont composés, & de là tirer beaucoup d'avantage pour venir a la connoissance de leur nature. Car, desia selon l'opinion de plusieurs Philosophes, tous ces cors ne sont faits que des parties des elemens diuersement meslées ensemble & selon la miene, toute leur nature & leur essence, au moins de ceux qui sont inanimés, ne consiste qu'en la grosseur, la figure, l'arrangement, & les mouuements de leurs parties“ (Descartes 1964–1986, 6.226–227).

⁴ „La plupart des petit corps regardez avec des lunettes paroissent transparens, pour ce qu'ils le sont en effet mais plusieurs des ces petits corps mis ensemble ne sont plus transparens, pour ce qu'ils ne sont pas joints ensemble également, & le seul arrangement des parties, estant inegal, suffit pour rendre opaque ce qui estoit transparent [...]“ (Descartes 1964–1986, 1.109; s.a. 2.177).

⁵ Wilson (1995, 20–21, 97); Ruestow (1996, 61–68).

⁶ Bezüglich des *Acarus*, der damals als das kleinste Lebewesen galt, siehe bspw. Gassendi (1658, 1.270a; 2.388; 3.456b–457b) und die Erläuterungen von Lüthy (1995, 276–281). Ähnlich wie bei *Syrones* handelt es sich um einen

auf eine Selbstähnlichkeit der Partikel bis an die Grenze der Wahrnehmung gestoßen war, erwiesen sich andererseits als nützlich bei Spekulationen über die Eigenschaften von Atomen.⁷ Wie aus einem Brief an Nicolas-Claude Fabri de Peiresc im Juli 1635 hervorgeht, hatte Gassendi seinen Beobachtungen zumindest zeitweise sogar den Status eines *Beweises* der epikureischen Naturphilosophie zugestanden, was aber letztlich nur in stark abgeschwächter Form Eingang in seine Schriften fand.⁸ Ähnlich angelegt waren auch die Beobachtungen von Schneeflocken, über die er im Februar 1629 in einem Brief an Marin Mersenne berichtete, die er darüber hinaus aber auch als einen Beitrag zur Meteorologie verstand.⁹

Gassendi begriff mikroskopisches Beobachten also zum einen als wichtiges Mittel einer empirisch vorgehenden Naturphilosophie und befand sich damit in direkter Opposition zu Descartes. Dementsprechend schätzte er auch die Chancen der weiteren Forschung deutlich optimistischer ein als dieser: Eine weitere Verbesserung der Instrumente wäre absehbar und es gäbe zudem keinen Grund zum Zweifel am menschlichen Fleiß.¹⁰ Zum anderen stand dieses Beobachten für ihn scheinbar immer in einem engen Zusammenhang mit theoretischen Fragen und spielten für diese eine so große Rolle, dass hierfür der Begriff eines „reasoning by visual analogy“ passend erscheint.¹¹

Die mikroskopischen Beobachtungen von Athanasius Kircher, deren naturphilosophischer Hintergrund bisher kaum zur Kenntnis genommen wurde, erscheinen hierzu geradezu als Gegenentwurf.¹² Zwar erinnern die Hinweise auf Untersuchungen zu Form, Aufbau und Entstehung von Körpern, die sich ab 1646 in seinen Schriften finden, zum Teil an Passagen bei Galilei, Descartes oder Gassendi, Kircher wies jedoch ausdrücklich darauf hin, dass es sich in seinem Fall bei den Beschreibungen der mikroskopischen Partikel und Korpuskel *nicht* um einen Rekurs auf die atomistische Naturphilosophie handle.¹³ Stattdessen sollten

Begriff, unter den aus heutiger Perspektive insbesondere verschiedene Arten von Milben fallen. Zu den weiteren Phänomenen zählen der Schmerz beim Urinieren durch das Vorhandensein von Partikeln im Urin, auf die er wahrscheinlich von Peiresc aufmerksam gemacht wurde (Gassendi (1658, 2.115b, 560a; 5.306a); Peiresc (1888–1896, 3.465)), und das Jucken nach dem Berühren von schlechtem Käse (Gassendi 1658, 2.463a, 560a).

⁷ „Si permiseris nempe aquam salsam ad solam evaporari, relinquetur Sal totum conformatum in figuras cubicas [...] Quòdque adhuc sit mirum, observare licet grandiores cubos conformatos ex minoribus, istosque ex aliis adhuc minutioribus [...] Ex quo profectò intelligitur, illos quoque, quos memoravi, insensibileis cubulos contexi ipsos adhuc ex aliis, & istos rursus ex aliis, donec perveniatur ad exilitatem nisi Atomorum, saltem molecularum quasi seminearum, ex quibus Salis natura constet [...]“ (Gassendi 1658, 1.271a). S.a. ebd. (1.268b–269a) und Peiresc (1888–1896, 4.538).

⁸ So zumindest die Interpretation von Fisher (2005, 351–354), die sich hauptsächlich auf folgende Textstelle gründet: „Seulement ne puis-je pas me tenir de vous dire que je justifie tousjours quelqu’une de mes anciennes resveries touchant les principes de la philosophie d’Epicure“ (Peiresc 1888–1896, 4.538).

⁹ „Fortassis verò hanc quoque historiam per jucunde accipies, quod nix ista videatur unum ex iis naturae miraculis, quae pulcherrime disquisita possint Meteorologiam maximopere illustrare. [...] De causis aliàs, si videbitur“ (Mersenne 1945–1988, 2.197–199).

¹⁰ „[...] ita possit fortè aliquando Engyscopium sic perfici, ut illa de quibus loquimur, principia [...] ex quibus causae tot effectorum, quae iam obstupemus, reddantur, perinde demonstret: attamen utcumque nihil sit desperandum de humani ingenii sagacitate, solertia, industria [...]“ (Gassendi 1658, 2.560a).

¹¹ Lüthy (1995, 275–291; Zitat 289).

¹² Die bisherige Kontextualisierung von Kirchers Mikroskopie bezieht sich vor allem auf seine *Ars magna lucis et umbrae* (1646) und das *Scrutinium pestis* (1658) und betont dementsprechend optische und medizinische Fragen (Belloni (1985); Wilson (1995, 155–159, 192–193, 200)); Fournier (1996, 26, 35, 154); Ruestow (1996, 37–38, 82–83, 188, 201, 262–263).

¹³ „Haec autem dum affero, nemo sibi persuadeat velim, me *Democriti* sententiam de atomis hoc loco tenere, [...] cum impossibile sit de polymorphis Democritorum corpusculis, ex quibus omnia constare docuit, veram physicae scientiae normam concinnare, cum sensibus repugnent, & nihil aliud sint, quam otiosa hominum maleferiorum signmenta: Aliud de nostris particulis statuendum est, haec enim verè in dissolutione corporum Spagyrica ars mani-

Kirchers Beobachtungen und Ausführungen hauptsächlich sein Konzept einer *Virtus plastica* veranschaulichen, wofür allerdings ebenfalls die selbstähnlichen Strukturen von Kristallen und auch von anderen Objekten benutzt wurden. Kircher interpretierte diese Strukturen nicht innerhalb eines atomistischen oder korpuskularphilosophischen Kontextes, sondern legte sie zugunsten des Vorhandenseins ebendieser Kraft aus.¹⁴ Zudem wurde auch die spontane Zeugung von kleinen Lebewesen als Folge derselben Kraft verstanden und somit wurden auch Beobachtungen verschiedener kleiner Tiere in einen naturphilosophischen Kontext gestellt.¹⁵

Die Bemerkungen über Farbphänomene an Pfauenfeder zeigen zwar, dass sich Kirchers theoretische Erklärungen zusammen mit seinen Beobachtungen veränderten, dabei aber weiterhin auf bereits bestehende Begrifflichkeiten zurückgegriffen wurde. Diese stammten allerdings wiederum nicht aus dem korpuskularphilosophischen Kontext: In der *Ars magna lucis et umbrae* (1646) hatte Kircher die verschiedenen Farben, die an Federn zu beobachten waren, noch auf eine besondere Mischung der vier aristotelischen Elemente zurückgeführt und dabei keinerlei Beobachtungen mit dem Mikroskop erwähnt.¹⁶ Im zweiten Teil des *Itinerarium extaticum* (1657) und dem *Mundus subterraneus* (1665) beschrieb er hingegen die mikroskopische Struktur der Pfauenfedern als eine Ansammlung von durchsichtigen, prismenförmigen Fasern aus Salz und stellte damit diesmal statt zum Aristotelismus eine Verbindung zur paracelsischen Alchemie her.¹⁷

fasta facit, ita non negari possit, quod sensibus adeò obviū est: Accedit & Smicroscopium, cujus solius ope que prius insensibilia latebant, in apertam lucem jam sensibus obvia educuntur & demonstrantur [...]" (Kircher 1665, 2.397b).

¹⁴Vgl. hierzu die Beschreibung kristalliner Strukturen im *Mundus subterraneus* (Kircher 1665, 2.25b). Laut einem im Anschluss geschilderten Experiment zeichnet sich die Form einer Pflanze im Mikroskopischen wieder ab, wenn ihre Asche mit Wasser vermischt und gefroren wird (ebd. 2.26–27). Anmerkungen zu den Formen von Rizinusblättern (Kircher 1646, 834) sind vielleicht ebenfalls in dieser Richtung zu deuten. Diese wurden später von Borel aufgegriffen (s.u. S. 38–39, 68–69).

¹⁵„Certe multa corpora omni vita & anima destituta, hucusque creditum est, quae tamen dioptica vivere deprehendit. Quis credere posset acetum, & lac innumerabili multitudine vermium scaterere, nisi id smicroscopia ars hisce ultimis temporibus summa omnium admiratione docuisset? [...] Omitto hic quam multa [...] de sanguine febrantium verminosos, aliisque innumeris hucusque omnibus Medicis incognitis, & à nemine Medicorum penetratis, cognosci possint. Videbis non animalia tantum, sed & singulas herbas sua naturalia proferre animalia, ex putrefacto eius humore tanquam semine pullulantia, nullumque esse muscarum, aut aerucarum genus, quod non aliquam matrem ex dictis rebus agnoscat“ (Kircher 1646, 834). Vgl. ähnliche Stellen im *Mundus subterraneus* (1665, 2.25, 27, 352, 357, 363, 366, 370–371). Wie das obige Zitat nahelegt, bezieht sich ein nicht unerheblicher Teil der Beobachtungen zugleich auf medizinische Fragen (s.u. S. 56–57).

¹⁶Kircher (1646, 85) zufolge nähmen auf der Erde lebende Tiere über ihre pflanzliche Nahrung vor allem Wasser auf, Vögel hingegen zusätzlich Luft. Demzufolge hätten sie eine höhere Vielfalt an Farben. Im Rahmen der mikroskopischen Beobachtungen wird lediglich auf die Farbe von Pflanzenblättern eingegangen (ebd. 834).

¹⁷„Te Lector, scire velim, crystallina corpora vitreaque non secus ac caetera omnia mixta mineralium corpora suis corporibus Salino-mercurialibus constare, cum vitrum ex cineribus sale turgeidis, crystallinorumque corporum, salium videlicet, quorum nullum est, quod non diaphanum sit, uti ex microscopio patet [...] Volucres sulphure & salibus turgere, inde constat, quod ex stabulis & columbariis ingens nitro caeterorumque salium copia extrahatur. [...] sed quomodo in pavonibus, anatibus & columbis tam varia, inconstans & mutabilis colorum varietas ad diversum lucis allapsum producatur, istius nemo, quod sciam, adhuc rationem veram & genuinam reddidit. Ego quid observavi, paucis aperiam. Ex frequenti hujusmodi pennarum, ope smicroscopii inspectione mihi innotuit, quod omnes illae pennae tanta colorum varietate radiant, & in pavonibus caeterisque avibus conspicue nascantur, ex naturali pennarum constitutione, quarum filamenta Natura ita disposuit, ut & diaphanae sint, & in angulosam formam trigonis vitreis haud absimilem concinnae sint, que omnia smicroscopio luculenter demonstrat [...]" (Kircher 1665, 2.15, 17). Diese Beschreibung dient, ähnlich wie eine frühere Version im *Itinerarium extaticum* dazu, die Eigenschaften von Salz als paracelsischem Element zu erläutern (Vgl. Schott 1660, 604–607). Zu Kirchers Verbindung zur Alchemie siehe Hirai (1985) und Rowland (2004, 194, 199–201).

Dementsprechend unterschied sich auch Kirchers generelles Konzept des mikroskopischen Beobachtens deutlich von dem der anderen Forscher: Einerseits verstand Kircher das Mikroskop als Produkt einer von der Hermetik inspirierten *Magia naturalis* und charakterisierte das Beobachten mit demselben als spektakuläres Erkennen der Macht Gottes. Andererseits wurden die Beobachtungen aber in der gleichen Weise wie bei Gassendi verwendet, das heißt in erster Linie als Illustration im Zusammenhang mit eher theoretischen Fragen. Dies zielte jedoch weniger darauf ab, neue Konzepte zu diskutieren als vielmehr traditionelle Positionen, die im Einklang mit der katholischen Lehre standen, zu festigen.¹⁸

Nach anfänglicher Skepsis und Zurückhaltung hatte sich das mikroskopische Beobachten also in den Arbeiten von Gassendi und Kircher zu einer Tätigkeit entwickelt, die trotz der sehr unterschiedlichen Perspektiven der beiden Forscher von beiden als nützliches Mittel eingeschätzt wurde, um eine Reihe zum Teil sehr unterschiedlicher Themen von naturphilosophischer Relevanz zu untersuchen.

2.1.3 Kompilation und Heterogenität

In Pierre Borels *Observationum microscopiarum centuria* (1656) wurde der naturphilosophische Rahmen der Beobachtungen dann aber bereits in mehrfacher Hinsicht gelockert: Erstens stellte der Text die Beobachtungen in den Vordergrund und ergänzte sie lediglich in einigen Fällen um theoretische Überlegungen, statt wie bei den bisher erwähnten Forschern die Beobachtungen zur Illustration der Theorien zu machen. Zweitens wurde durch den Umstand, dass Borel für diese Sammlung Beobachtungen aus verschiedenen Quellen übernahm, auch eine gewisse Heterogenität hinsichtlich der theoretischen Konzepte und Bezüge geschaffen. Hierbei wurden die unterschiedlichen naturphilosophischen Standpunkte nun von Borel zum Teil zusammengeführt: Ähnlich wie zuvor Gassendi erklärte er Sinneseindrücke und Eigenschaften von Stoffen aus mikroskopischen Strukturen heraus, indem er die Partikel von Essig und Wasser sowie die Oberflächen verschiedener Pflanzen beschrieb. Ferner wurde wiederum die Bildung von Schnee erwähnt. Trotz der thematischen Übereinstimmung mit Gassendi wurde in diesen Fällen jedoch eher auf Descartes und Demokrit verwiesen. Zum einen zeigt dies, dass Atomismus und Cartesianismus von Borel ohne Berücksichtigung des jeweiligen epistemologischen Standpunktes als einander mehr oder weniger entsprechende Konzepte verstanden wurden.¹⁹ Zum anderen zeigte Borel auch ein Interesse an Hermetik und sprach in Andeutungen davon, dass das Mikroskop eine wichtige Rolle beim Beweis der Weltseele spielen werde und auch für das Handlesen verwendbar wäre.²⁰ Für die In-

¹⁸ „dici vix potest, in quantam inspectantis animum admirationem infinitae huiusmodi Dei omnipotentiae, sapientiae, & bonitatis quasi ludentis in orbe terrarum & maximam se, vel in minimis prodentis spectacula rapiant“ (Kircher 1646, 834). S.a. Ruestow (1996, 58). Das Mikroskop gehört für Kircher in den Bereich der *Magia parastatica*, d.h. der Darstellung wundersamer Naturdinge mittels Optik (Kircher 1646, 799). Bezüglich der magischen und hermetischen Aspekte von Kirchers Wissenschaft siehe Godwin (1988, 23) und Ebeling (2007, 60). Es liegt angesichts der oben erwähnten Ablehnung des Atomismus nahe, den Vergleich zur kosmologischen Kontroverse zu ziehen. Auch hier kehrte Kircher neueste wissenschaftliche Überlegungen so um, dass sie letztlich wieder für traditionelle, d.h. durch die katholische Kirche vertretene Ansichten, sprachen (Siebert 2006, 295–305).

¹⁹Seine Beobachtung von Essig sah Borel (1656a, *Centuria*, IV) als Bestätigung von Descartes und Demokrit; hinsichtlich des Wassers meinte er hingegen Descartes zu bestätigen (ebd. LXXVII). Bezüglich der Erklärung der haptischen oder optischen Eigenschaften von Pflanzen anhand ihrer mikroskopischen Oberflächenstrukturen siehe ebd. (VI, XXIX, LXV, LXXXVI, LXXXVII, XCVIII). Gassendi wird lediglich in der Beobachtung einer Laus erwähnt (ebd. XI). Zur Beobachtung von Schnee, die keine derartigen Bezüge enthält, siehe ebd. (XCII).

²⁰ „Microscopii inventum etiam insignia multa & notabilia jam nunc detexerit, & porò deteget, quae argumenta subministrabunt, de animâ universi & partium ejus“ (Borel 1656a, *De vero tel. in.* 1.54). In Borels kosmologischen

terpretation von Beobachtungen scheint dies aber nur eine geringe Rolle gespielt zu haben, denn obwohl Borel die Beobachtungen von Kircher zur spontanen Zeugung von Würmern in Blut, Milch und Pflanzenblättern erwähnte und ihnen letztlich zustimmte, wird das Konzept einer plastischen Kraft hierbei nicht erwähnt.²¹ In den Beobachtungen zu Farben wurden schließlich die Einflüsse aus beiden Bereichen miteinander verbunden: Einerseits verwies Borel in diesem Zusammenhang abermals auf die Beobachtungen Kirchers, die scheinbar eine Anregung für eigene Untersuchungen an weiteren Objekten gewesen waren, andererseits nahm er bei der Interpretation der Phänomene einen explizit atomistischen Standpunkt ein.²²

Borels grundsätzliche Herangehensweise scheint jedoch trotz der zahlreichen und vielfältigen naturphilosophischen Verweise in erster Linie aus der Medizin zu stammen: Mit der Anlage des Textes als Beobachtungssammlung bezog er sich auf ein in dieser Disziplin beliebtes und somit in gewisser Weise epistemologisch aufgeladenes Textgenre. Dementsprechend erwähnte Borel auch Beobachtungen, die einen explizit medizinischen Kontext hatten, und ferner solche, die eher naturhistorische Züge zeigten.²³

Somit hatte Borel zwar die Kontextualisierung mikroskopischer Beobachtungen im Bereich der Naturphilosophie, wie sie von Gassendi und Kircher etabliert worden war, übernommen, diese Position jedoch in gewisser Hinsicht zugleich geschwächt: Die Beobachtungen verschiedener naturphilosophischer Schulen wurden gleichberechtigt nebeneinander gestellt und darüber hinaus mit naturhistorischen und medizinischen Themen vermengt. Anders als bei seinen Vorgängern waren also einerseits schon durch die Menge der Einflüsse die naturphilosophischen Aspekte von weit geringerer Relevanz als noch bei seinen Vorgängern. Andererseits war aber auch die bloße Anzahl der Beobachtungen deutlich größer als bei Gassendi oder Kircher. Auch wenn ein gewisser Anteil dieser Beobachtungen von anderen Forschern übernommen worden war, so scheint es doch, als hätte sich Borel intensiver und länger mit derartigen Untersuchungen befasst als seine beiden direkten Vorgänger. In diesem Fall könnte Borels Relativierung der Beziehungen zur Naturphilosophie durchaus als Ergebnis einer gewissen Eigendynamik der Untersuchungen verstanden werden, wie sie später auch bei Leeuwenhoek zutage treten sollte. Das heißt, das Beobachten wäre bereits zu diesem Zeitpunkt insgesamt weniger durch Bezüge auf Theorien aus einem bestimmten Kontext als „durch sich selbst“ bestimmt worden.

Diskurs über die Vielzahl der Welten (Borel 1657) wurde das Mikroskop hingegen nicht erwähnt. Zum Handlesen siehe Borel (1656a, *Centuria*, XCIV). Erwähnt sei ferner der von ihm zusammengestellte Katalog hermetischer Bücher (Borel 1654).

²¹Borel (1656a, *Centuria*, II–III, VII–VIII, XIV–XV, LIII, Korollar). In den ersten beiden Abschnitten wird auf Kircher unter dem Zusatz verwiesen, dass Borel bisher dessen Beobachtungen noch nicht bestätigen konnte. Als Ursache der Bildung von Schnee wurde hingegen eine Art Magnetismus vermutet (ebd. XCII).

²²Wie Kircher erwähnte Borel die Farben von Pfauenfedern und Zitronenblättern, nur im zweiten Fall verwies er explizit auf Kircher (Borel 1656a, *Centuria*, XVI, XXII). Weitere Beobachtungen, in denen die Farbe der Objekte eine wichtige Rolle spielte, umfassten bei Borel Metalle, Insekten, Fische und verschiedene Pflanzen (ebd. XXII, XXXVI–XXXVII, LV, LXV, LXX). Zu beachten sind in diesem Zusammenhang auch seine Äußerungen hinsichtlich der körperlichen Natur des Lichtes (ebd. LXXII).

²³Zum „epistemischen Genre“ der Beobachtungssammlungen siehe Pomata (2011, 45–49, 57–64). Borel selbst hatte neben seinen mikroskopischen Beobachtungen vier *Centuriae* mit medizinischen Beobachtungen publiziert (Borel 1656b). Zu den naturhistorischen und medizinischen Einflüssen s.u. (S. 37–39, 57–58).

2.1.4 Stagnation

Bei Forschern, die über keinen so heterogenen Hintergrund wie Borel verfügten, sondern weiter eher im engeren Kontext naturphilosophischer Theorien beobachteten, kam es dementsprechend auch nicht zur Entwicklung einer solchen Eigendynamik. Stattdessen wurden mikroskopische Beobachtungen zunächst immer noch eher sporadisch und nur in Hinblick auf bestimmte Einzelfragen angestellt, wie beispielsweise auch bei Robert Boyle erkennbar ist: Schon in seinem Ende der 1640er Jahre entstandenen *Essay of the Atomicall Philosophy* nannte er genau wie Gassendi den *Acarus* als Beispiel für die Diskrepanz zwischen Wahrnehmung und Wirklichkeit und übernahm an anderer Stelle sogar den von ihm geprägten Begriff *Engyskop*. Im *Sceptical Chymist* (1661) wurden zudem wiederum mikroskopische Beobachtungen illustrativ in den Text eingebunden, welche über die Eigenschaften bestimmter Stoffe Aufschluss gaben.²⁴ Auch im Kontext der Farbenforschung standen Boyles Beobachtungen deutlich in der korpuskularphilosophischen Tradition und unterschieden sich auch inhaltlich von den Untersuchungen Kirchers oder Borels: Während letztere spezifische, gewissermaßen singuläre Farbphänomene erklärt hatten, indem sie bestimmte Mikrostrukturen mit bestehenden Begrifflichkeiten interpretiert hatten, lassen Boyles Beobachtungen einen vergleichsweise abstrakten Hintergrund erkennen: Sowohl im *Sceptical Chymist* als auch in den *Experiments and considerations touching colours* (1664) erwähnte er Beobachtungen von Farbmischungen, bei denen die Bestandteile unter dem Mikroskop zu erkennen blieben.²⁵ Zudem wurden verschiedene farbige und transparente Körper untersucht, um die Entstehung von Farbe besser zu verstehen. Im gleichen Zusammenhang wurde auch ein Experiment erläutert, in dessen Verlauf versucht wurde, die Erscheinung eines Prismenspektrums durch ein Mikroskop zu verändern.²⁶ Und auch wenn die Beobachtungen, über die Boyle in den *New experiments and observations touching cold* (1665) kurz berichtete, mit der Auswirkung von Kälte auf verschiedene organische Strukturen ein neues Thema darstellten, so kam auch hier die Inspiration möglicherweise zumindest zum Teil von Gassendi, der in diesem Zusammenhang mehrfach erwähnt wurde.²⁷

Trotz einiger neuer Ideen spielte das Mikroskop für Boyle aber letzten Endes im Vergleich mit anderen Forschungstechniken keine so herausragende Rolle wie für Borel: Weder standen die Beobachtungen im Zentrum des Textes, noch lassen Boyles Aufzeichnungen auf regelmäßige Beobachtungen schließen.²⁸ Zugleich lässt sich aber auch feststellen, dass für Boyle Theorie und Beobachtung weniger eng miteinander verbunden waren als etwa für

²⁴Zu den Beobachtungen siehe Boyle (1999–2000, 2.229, 273, 342; 13.229), zum *Engyskop* ebd. (10.237–238). Die Verbindung von Wahrnehmung und mikroskopischen Bildern wurde in späteren Schriften abermals erwähnt (ebd. 7.281, 12.399), ebenso die Frage nach den Eigenschaften bestimmter Stoffe wie Quecksilber, Diamanten und Mineralwässern (ebd. 5.314; 7.18; 10.237–238).

²⁵Boyle (1999–2000, 2.273; 4.40, 122).

²⁶Boyle (1999–2000, 4.35, 38–40, 52, 69, 104). Für spätere Bezüge auf mikroskopische Beobachtungen zum Thema Farbe siehe ebd. (6.9; 9.416).

²⁷Gassendi wurde im Zusammenhang mit der Struktur von Schnee und Eis kritisiert (Boyle 1999–2000, 4.69, 309–310) bevor Boyle über seine mikroskopischen Beobachtungen berichtete, welche die Veränderungen an Körperflüssigkeiten, Äpfeln, Zungen und Holz umfassten (ebd. 4.445–446). Dennoch hatten beide Forscher grundsätzlich eine ähnliche Vorstellung von Formbildung und führten ähnliche Untersuchungen von Kristallstrukturen durch (Emerton 1984, 43–44).

²⁸In Boyles erhaltenen Notizbüchern findet sich nur eine einzige Stelle, die sich eindeutig auf eine mikroskopische Beobachtung bezieht (Hunter und Wiggins 2001, WD19, Entry 17). Tatsächlich nahmen auch die Verweise auf das Mikroskop in Boyles Schriften im Laufe der Jahre eher ab, denn schon 1685 erwähnte er, dass ihn eine Sehschwäche zur Aufgabe der mikroskopischen Beobachtungen gezwungen habe (Boyle 1999–2000, 10.237–238). Neben den

Gassendi. Spekulationen über Partikelformen ausgehend von mikroskopischen Beobachtungen, wie letzterer sie noch angestellt hatte, finden sich in seinen Ausführungen nicht.

Henry Power erinnerte dadurch, dass er das erste Drittel seiner *Experimental Philosophy* (1664) als Beobachtungssammlung mit gemischten Themen gestaltete, wieder eher an Borel, mit dem er auch den medizinischen Hintergrund und den Einfluss naturhistorischen Gedankenguts gemeinsam hatte. Dennoch fehlte es thematisch an wirklichen Weiterentwicklungen: Auch wenn Boyle als eine der zentralen Inspirationen genannt wurde, beschränkten sich die naturphilosophisch motivierten Beobachtungen darauf, anhand der Strukturen von Stoffen mit besonderen Eigenschaften korpuskularphilosophische Konzepte, die in erster Linie dem Cartesianismus entlehnt worden waren, zu erklären.²⁹ Die einzige Ausnahme hierfür stellte ein Abschnitt über die Effluvia dar, die im korpuskularphilosophischen Kontext als Erklärungsmodell für bestimmte Phänomene wie Magnetismus gebräuchlich waren. Diese wären Power zufolge zwar vorhanden, aber nicht mit dem Mikroskop zu beobachten.³⁰ Diese Stagnation in naturphilosophischer Hinsicht wurde dann auch von Robert Hooke, der selbst noch stärker in derartigen Zusammenhängen dachte, wahrgenommen und kritisiert.³¹

2.1.5 Beobachtung, Theorie und Kritik

In seiner *Micrographia* (1665) versuchte sich Hooke entsprechend seiner Kritik an Power an einer neuen Verbindung von Naturphilosophie und mikroskopischen Beobachtungen. Zwar wählte auch er für seine Schrift die Form einer nach Objekten geordneten Beobachtungssammlung, doch gerade in der ersten Hälfte des Buches schlossen sich an die Beobachtungen längere theoretische und spekulative Ausführungen an, die letztlich auch die Reihenfolge der Kapitel bestimmten: In den ersten zehn Beobachtungen erläuterte Hooke anhand der mikroskopischen Strukturen verschiedener Objekte die geometrisch-physikalischen Grundbegriffe seiner Naturphilosophie, ausgehend von Gedanken zu physikalischen Punkten und Linien über das Prinzip der materiellen Kongruenz, Hitze und Licht hin zur Farbe.³² Dann ging

o.g. Themen werden mikroskopische Beobachtungen aber noch im Zusammenhang mit Porosität, Finalursachen und spontaner Zeugung erwähnt, jedoch immer nur kurz (ebd. 10.110, 127; 11.100; 13.285).

²⁹Vgl. Lüthy (1995, 504–505, 510–511, 517). Power nannte Boyle „doubly Honourable (both for his parts and parentage)“ (Power 1664, *Preface*). Dass Powers Untersuchungen eng mit den Überlegungen Descartes' verbunden waren, geht ebenfalls aus dem *Preface* hervor, in dem einige Prinzipien der cartesianischen Naturphilosophie ausgeführt wurden. Allerdings traf auch Power keine scharfe Unterscheidung zwischen dessen Korpuskularphilosophie und dem Atomismus. Borel wurde hingegen neben anderen Medizinern hinsichtlich der von ihnen beschriebenen (bzw. angenommenen) Höhlung der Haare kritisiert (s.u. S. 58).

³⁰Power (1664, 36, 42–45, 54). Bezüglich der Effluvia siehe die letzte Beobachtung (ebd. 57–58) sowie ein Experiment, innerhalb dessen sie indirekt mittels einer alternden Zwiebel nachgewiesen werden sollten (ebd. 29). Zur Farbenproblematik äußerte sich Power nur beiläufig (ebd. 42–43, 72).

³¹Hooke schrieb im Juli 1663 an Boyle: „There is very little in Dr. Power's microscopical observations but what you have since observed [...]“ (Boyle 2001, 2.98), s.a. Birch (1756–1757, 1.266). Da sich in der *Experimental Philosophy* aber eine beachtliche Menge Insektenbeobachtungen findet (s.u. S. 87), bezieht er sich damit scheinbar auf die naturphilosophischen Aspekte. Daraus folgt aber auch, dass folgende Beteuerung Hookes am Ende des Vorwortes der *Micrographia* nicht ganz der Wahrheit entsprach: „After I had almost compleated these Pictures and Observations (having had divers of them ingraven, and was ready to send them to the Press) I was inform'd, that the Ingenious Physitian Dr. Henry Power had made several Microscopical Observations [...]“ (Hooke 1665, *Preface*). Denn auch wenn Hooke schon im November 1662 mit regelmäßigen mikroskopischen Beobachtungen begann, zogen sich diese doch bis in den Dezember 1663 hin (Harwood 1988, 124–125), und ihre Publikation war im November 1664 immer noch nicht abgeschlossen, wie aus einem weiteren Brief an Boyle hervorgeht (Boyle 2001, 2.412).

³²Hooke (1665, 1–7, 11–32, 36–44, 45–46, 53–67).

er zur Frage der Entstehung bestimmter einfacher Formen über und bezog sich dabei ähnlich wie Gassendi auch auf Schneeflocken und andere kristalline Strukturen. Hooke schloss jedoch nicht von der Selbstähnlichkeit, die hier zu beobachten war, auf Formen von Partikeln jenseits des Sichtbaren, sondern führte alle Formen auf verschiedene Anordnungen von Globen zurück, lockerte also im Vergleich zu Gassendi den Zusammenhang zwischen Beobachtung und Theorie.³³ Darauf folgte die Auseinandersetzung mit der Frage nach inneren Strukturen, genauer gesagt Poren, die einen weiteren zentralen Bestandteil von Korpuskularphilosophien darstellten, der nun anhand mikroskopischer Beobachtungen eines besonderen Steines aus der Gegend von Kettering sowie eines Stückes Holzkohle verdeutlicht werden konnte.³⁴

Doch auch wenn naturphilosophische Fragen eine zentrale Rolle spielten, werden gerade anhand der *Micrographia* die zunehmenden Schwierigkeiten der Verbindung von Naturphilosophie und mikroskopischem Beobachten deutlich: Erstens waren die Verbindungen zwischen den Beobachtungen und den theoretischen Konzepten keinesfalls enger geworden, auch wenn dies durch die Form des Textes suggeriert wurde. Während Hookes Vorgänger in erster Linie Theorien mittels mikroskopischer Beobachtungen illustriert hatten oder versucht hatten, die beobachteten Phänomene mittels bestehender Begriffe zu erklären, erwecken einige Abschnitte der *Micrographia* eher den Eindruck, als hätte Hooke einige Beobachtungen lediglich angeführt, um einen Vorwand zu haben, bestimmte Aspekte seiner Naturphilosophie zu erläutern, ohne dass diese überhaupt in einem direkten Zusammenhang mit den Untersuchungen selbst gestanden hätten: So wurde das Prinzip der Kongruenz verschiedener Stoffe ausgehend von einer Untersuchung von Glasröhren erläutert, die zentralen Punkte hierfür waren jedoch das durch den Luftdruck verursachte Aufsteigen von Wasser in diesen Röhren, die Mischung verschiedener Flüssigkeiten, sowie ein Experiment mit in Vibration versetztem Sand, nicht aber das Glas selbst.³⁵ Noch deutlicher wird diese Diskrepanz aber im Zusammenhang mit den Überlegungen zur Entstehung von Farben: Hooke hatte den Schwerpunkt seiner Untersuchungen von Körperfarben auf „fantastische“ Farben verlagert und dabei noch mehr die Möglichkeit miteinbezogen, Farbphänomene zu manipulieren, um sie besser zu verstehen. Deswegen wurden Plättchen aus dem Schichtsilikat Muskovit, an denen sich Farbringe bildeten, als ein besonders geeignetes Beobachtungsobjekt eingeschätzt.³⁶ Die entsprechenden Beobachtungen widersprachen aber letztlich der angefügten

³³Die Abhandlung der Formen-Frage schreitet in den Beobachtungen XI–XIV von den einfacheren Formen von Sand zu komplexeren kristallinen Formen fort (Hooke 1665, 79–92). Dies entspricht dem Gliederungsprinzip der gesamten *Micrographia* (s.u. S. 40). Die Frage nach der Formenbildung im organischen Bereich schließt sich in den Beobachtungen XVI–XVIII an (ebd. 100–120). Das grundlegende Prinzip, dass sich alle Formen aus Globen bilden lassen, wird anhand von Salzen in Beobachtung XIII erläutert und auch auf andere kristalline Formen angewendet (ebd. 87–88, 92). Der Globus wurde bereits in Beobachtung VIII als elementare Form eingeführt, welche direkt aus der unterschiedlichen Kongruenz verschiedener Stoffe folgte (ebd. 44–47).

³⁴Der naturphilosophische Bezug wird vor allem beim sog. Kettering-Stein offensichtlich, da sich an die Beobachtung direkt Überlegungen an die Ausbreitung des Lichtes anschließen, die Hooke als eine Bewegung in einem feinen Stoff verstand, welcher die Zwischenräume in Luft, Wasser und auch Glas durchdringen würde (Hooke 1665, 96–100). Die Schlussfolgerungen aus der Porosität von Holzkohle sind konkreterer Natur und betreffen einige Eigenschaften dieses spezifischen Stoffes (ebd. 102–103) sowie den Verbrennungsprozess selbst (ebd. 103–106).

³⁵Hooke (1665, 10–15). Das aus den Versuchen hergeleitete Prinzip wird dann auf die anfänglich erwähnte Beobachtungen zurück übertragen (ebd. 20–21).

³⁶„[...] this laminated body is more simple and regular then the parts of Peacocks feathers [...] the parts of this body are much more manageable, to be divided or joyned, then the parts of a Peacocks feather [...] we are able from a colourless body to produce several coloured bodies, affording all the variety of Colours imagineable [...]“ (Hooke 1665, 49). Zu den Körperfarben schrieb Hooke hingegen: „In the true ordering and *diluting*, and deepning

Theorie: Die Reihenfolge der Farben in den Ringen, die an Muskovit beobachtet wurden, unterschied sich von der des Spektrums, welche der Theorie zugrunde lag.³⁷

Zweitens scheint sich das Verhältnis von Theorie und Empirie aber auch auf einer grundsätzlichen Ebene verkompliziert zu haben: Nachdem die Beobachtungen seiner Vorgänger in erster Linie Theorien und Ideen bestätigt hatten, nutzte Hooke seine Untersuchungen auch, um ausgehend von ihnen Kritik an bestimmten korpuskularphilosophischen Konzepten zu üben. Zum einen lehnte er die Vorstellung einer plastischen oder vegetativen Kraft, wie sie von Kircher exponiert worden war, explizit ab.³⁸ Zum anderen wandte er sich polemisch gegen eine spezifische Passage in Descartes' *Principia philosophiae* (1644), der zufolge Feuer beim Aufeinanderschlagen von bestimmten festen Körpern unter Beteiligung der Partikel des ersten der drei Elemente der Materie entstünde. Hooke sah in den dabei entstehenden Funken nichts anderes als abgespaltene und erhitzte Partikel mit einem gewissen Anteil Schwefel und ließ sich in diesem Zusammenhang dazu hinreißen, derartigen „philosophischen Neigungen“ eine generelle Absage zu erteilen, obwohl er selbst einen Großteil seines Textes für diesen Zweck verwendet hatte.³⁹ In gewisser Weise fasste Hooke damit aber die Einstellung zusammen, die zumindest ein Teil der Royal Society zu seinem Werk einnahm: Nachdem er bereits geraume Zeit immer wieder den Vorschlägen der Fellows für Beobachtungen und Demonstrationen verschiedener Objekte nachgekommen war, wurde Hooke damit beauftragt ein ganzes Buch mit mikroskopischen Beobachtungen zusammenzustellen. Während ursprünglich scheinbar lediglich vorgesehen war, die mikroskopischen Strukturen verschiedener Gegenstände und Tiere zu beschreiben, arbeitete Hooke zusätzlich einige theoretische Abschnitte aus, die dementsprechend zum großen Teil unabhängig von den ursprünglichen Beobachtungen waren, und fügte diese in die vorgegebene Form der Beobachtungssammlung ein.⁴⁰ Dadurch entstand aber ein Konflikt mit den anderen Mitgliedern der Royal Society, denen es nicht unbedingt gefiel, dass die Beobachtungen, die ja zum Teil von ihnen angeregt worden waren und zumeist eher einen naturhistorischen Hintergrund hatten, mit Hookes spekulativen Überlegungen vermischt worden waren.⁴¹

and mixing, and fixing of each [tincture], consists one of the greatest mysteries of the Dyers; of which particulars, because our *Microscope* affords us very little information, I shall add nothing more at present [...]“ (Hooke 1665, 79).

³⁷Da die Farbringe an Muskovitplatten, welche den Ausgangspunkt für Hookes Ausführungen bilden, nicht die Reihenfolge des Regenbogenspektrums aufwiesen (Hooke 1665, 48), die in dem meisten anderen erwähnten Experimenten und Beobachtungen auftrat, musste Hooke seine Theorie zuletzt deutlich für diesen Einzelfall modifizieren, weil hier die von ihm verorteten Grundfarben Rot und Blau nicht an den äußeren Positionen der Farberscheinung lagen (ebd. 65–67). Heute werden beide Fälle als unterschiedliche Phänomene verstanden, die durch Refraktion oder Interferenz verursacht werden.

³⁸Hooke (1665, 95, 110–112, 130).

³⁹„we see by this Instance, how much Experiments may conduce to the regulating of *Philosophical notions*. For if the most Acute *Des Cartes* had applied himself experimentally to have examined what substance it was that caused that shining of the falling Sparks struck from a Flint and a Steel, he would certainly have a little altered his *Hypothesis* [...] whereas by not examining so far as he might, he has set down an Explication which Experiment do's contradict“ (Hooke 1665, 46). Vgl. Descartes (1964–1986, 8/1.251–252). S.a. Lüthy (1995, 545–546).

⁴⁰Neben den o.g. Diskrepanzen trifft dies vor allem für die sechste Beobachtung zu, die sich mit Luftdruck bzw. der Kongruenz von Stoffen (Hooke 1665, 10–32) befasste, ferner für die Beobachtungen IX, X, XXXV und XXXVI, in denen es um die Ursachen von Farben ging (ebd. 35–36, 165–169), und auch für die Beobachtungen von einfachen Formen (i.e. XI und XII; ebd. 79–82). Vgl. hierzu die Übersicht zu Beobachtungen und Akademiesitzungen bei Harwood (1988, 124–125).

⁴¹Harwood (1988, 129–130, 132). Dies führte zu einem entsprechenden Vermerk in der Widmung für die Royal Society: „You have been pleas'd formerly to accept these rude *Draughts*. I have since added to them some *Descriptions*, and some *Conjectures* of my own. [...] there may be some *Expressions*, which may seem more positive than

Einerseits hatte Hooke also den Zusammenhang zwischen Theorien und Beobachtungen *scheinbar* gestärkt, da er seine Schilderungen auf beiden Ebenen deutlich ausführlicher als seine Vorgänger ausgeführt hatte. Andererseits entpuppt sich der Bezug beider Aspekte aufeinander in Hinblick auf Hookes eigene Theorien bei genauerem Blick als weniger bedeutsam, als er zuerst erscheint. Zugleich wurde durch die Kritik an fremden Theorien aber auch eine negative Perspektive in die Beziehung zwischen Mikroskopie und Naturphilosophie eingeführt und somit in gewisser Weise der Bezug zwischen beiden wiederum geschwächt.

2.1.6 Dominanz der Beobachtungen

Die zunehmend kritische Haltung gegenüber einer naturphilosophisch ausgerichteten Mikroskopie von Seiten der Royal Society und weiteren Forschern sollte sich letztlich auch auf die Forschung von Antoni van Leeuwenhoek auswirken. Aus seinen Briefen, welche die Grundlage für alle seine Publikationen bildeten, lässt sich wiederum deutlich der Einfluss von korpuskularphilosophischen Ideen erkennen, die zu Beginn seiner wissenschaftlichen Tätigkeit teilweise noch von Descartes entlehnt wurden. Allerdings formulierte auch Leeuwenhoek zuweilen Kritik an dessen Ausführungen, wenn diese seinen Beobachtungen zu widersprechen schienen, wie es etwa bei den Formen der Partikel von Wasser der Fall war, die in *Les Météores* (1637) beschrieben worden waren.⁴²

Für seine eigene Theorie der Materie machte Leeuwenhoek die Kugel zur grundlegenden Form. Im Gegensatz zu Hooke hatte er allerdings diese Globuli in einer großen Anzahl an Beobachtungen tatsächlich gesehen und war nicht im Zuge der Abstraktion auf sie gestoßen. Selbst als sich einige Beobachtungen direkt mit ihnen als mikroskopischen Objekten und nicht nur als Teilen größerer Körper beschäftigten, gingen Leeuwenhoeks Ausführungen im Gegensatz zu denen seiner Vorgänger nie über die Feststellungen hinaus, die sich direkt aus den Beobachtungen ableiten ließen.⁴³ Eine ähnliche Herangehensweise lässt sich auch in zwei Fällen erkennen, in denen Leeuwenhoek versuchte, trotz seiner eingeschränkten Sprachkenntnisse an Beiträge von Boyle in den *Philosophical Transactions* anzuschließen. So berichtete er 1673 und 1675 über Versuche mit einer Luftpumpe, die hauptsächlich durch dort zu findende Abbildungen angeregt worden waren. Hierbei strebte Leeuwenhoek

Your Prescriptions will permit: And though I desire to have them understood only as *Conjectures* and *Quaeries* (which Your Method does not altogether disallow) yet if even in those I have exceeded, 'tis fit that I should declare, that it was not done by Your Directions“ (Hooke 1665).

⁴²Snelders (1982, 65–67), Fournier (1996, 87–88), Ruestow (1996, 183–184). Zentrales Moment dieser Interpretation ist eine Bemerkung über die Zusammensetzung der Luft aus drei Formen von Materie, die an Descartes' drei Elemente in den *Principia philosophiae* erinnert, sich aber eben nicht auf Materie im allgemeinen sondern nur auf Luft bezieht (vgl. Descartes (1964–1986, 8-1.105) und Leeuwenhoek (1939–1999, 1.56)). Dahingegen kritisierte Leeuwenhoek (1939–1999, 5.24–27) explizit die in *Les Météores* (Descartes 1964–1986, 6.233) beschriebene Form der Partikel von Wasser (in den *Principia* (ebd. 8-1.232) ist hingegen von zwei Arten Partikeln die Rede). Seine spätere Kritik an vermeintlichen Beobachtungen elementarer Korpuskel (Leeuwenhoek 1939–1999, 13.368–379) zeugt laut Lüthy (1996, 26) schließlich von einer Entwicklung hin zu einer insgesamt kritischeren Haltung gegenüber der Korpuskularphilosophie.

⁴³Schierbeek u. Roseboom (1959, 188) zufolge nahm Leeuwenhoek bereits 1685 Abstand von seiner Globulitheorie, weil sie letztlich seinen Beobachtungen widersprochen habe. Tatsächlich werden die Globuli, die nie ein feststehender Terminus waren, sondern Leeuwenhoeks aktuellem Sprachduktus angepasst wurden (Damsteegt 1982, 24), auch in seinen späteren Briefen fast durchgängig erwähnt. Dass Hooke für diese Überlegungen ein tatsächlicher Einfluss gewesen sein könnte, ist aufgrund von Leeuwenhoeks begrenzten Sprachkenntnissen eher unwahrscheinlich (Berkel 1982, 189).

scheinbar lediglich danach, kleine Luftblasen zu finden, die aus Wasser in einem Glasrohr extrahiert wurden.⁴⁴ Und auch 1676, als ein weiterer Artikel Boyles den Ausgangspunkt für chemische Untersuchungen darstellte, bei denen Leeuwenhoek Partikel einer Mischung verschiedener Stoffe beobachtete und beschrieb, wurden erneut keinerlei weiterführende Schlussfolgerungen gezogen.⁴⁵

Vielmehr lassen sich bei Leeuwenhoek sogar Tendenzen dazu erkennen, zumindest zeitweise ganz von naturphilosophischen Fragen Abstand zu nehmen: Seine Untersuchungen von Salzen standen 1674 zunächst unter der Frage der Formbildung und beinhalteten abermals die Entdeckung von Globuli als Grundelementen. Gegen Ende des Jahres begann Leeuwenhoek jedoch zunehmend sich auf die Beschreibung der spezifischen Partikel verschiedener Salze zu verlegen. Mit diesem Perspektivwechsel und der Auswahl der Objekte richtete Leeuwenhoek seine Beobachtungen auf Aspekte aus, die auch eine gewisse Relevanz für naturhistorische und medizinische Fragen beziehungsweise praktische Belange hatten.⁴⁶ Dies dürfte auch darauf zurückzuführen sein, dass einige von Leeuwenhoeks Korrespondenten, etwa Christiaan Huygens, die ursprünglichen Beobachtungen von Globuli als Grundelementen von Salzen eher kritisch aufgenommen hatten.⁴⁷ Darüber hinaus schloss

⁴⁴Leeuwenhoek (1939–1999, 1.56–61, 336–339). Die kombinierte Verwendung von Luftpumpe und Mikroskop geht aus einer späteren Bemerkung hervor: „Inden Jare 1675 ontrent half September, besig sijnde met het observeren vande Lugt, wanneer ik die door het water seer geparst hadde, ontdecken ik levende schepselen in regenwater [...]“ — „In the year 1675 about mid-September being busy with studying air when I had much compressed it by means of water I discover'd living creatures in Rain water [...]“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.64–65). Vgl. auch die ähnlich angelegten Beobachtungen von Cerumen (ebd. 11.16–21) und Blut (s.u. S. 61–62). Für Leeuwenhoeks Korrespondenten waren dessen pneumatische Versuche im Vergleich mit anderen Themen weitaus weniger interessant, weshalb er wahrscheinlich von weiteren Versuchen absah (Ruestow 1996, 158–160).

⁴⁵Boyle hatte die Farbveränderungen einer Mischung aus Kupfer und *Spirit of Salt* (Salzsäure) unter Einfluss von Luft thematisiert (*Phil. Trans.* 10.1675, Nr. 120, 467–476, bes. 467–470). Leeuwenhoek (1939–1999, 2.44–59) untersuchte hingegen die sichtbaren Partikel einer Mischung aus Ammoniak und Kupfer; der Einfluss von Luft spielte keine größere Rolle für ihn. Diese Veränderungen im Versuch sind vielleicht dadurch zu erklären, dass Leeuwenhoek sich laut eigener Aussage diesmal mit einem Wörterbuch behelfen musste. Vgl. auch die Untersuchungen von 1703, in denen er ausgehend von einem Artikel von Robert Southwell (*Phil. Trans.* 20.1698, Nr. 243, 296) chemisches Experimentieren mit mikroskopischen Beobachtungen verband und dabei eine „Neigung“ von Partikeln zueinander feststellte (Leeuwenhoek 1939–1999, 14.182–213; bes. 190, 196, 204; ferner 15.114–123, 136–155). Allerdings hatte er bereits 1658 eine Sympathie ähnlicher Stoffe vermutet, um vergleichbare Phänomene zu erklären (ebd. 5.346–351).

⁴⁶Leeuwenhoek hatte 1674 gegenüber Oldenburg Salz als Beispiel dafür genannt, dass alle Materie aus Globuli zusammengesetzt wäre (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.104–107, 156–159). Zuvor hatte er, etwas ausführlicher, auch Constantijn Huygens darüber geschrieben (ebd. 1.86). Kurz darauf folgten Ankündigungen für Beobachtungen zu Pflanzensalzen, die nahe legen, dass diese Untersuchungen zumindest zum Teil durch Oldenburg angeregt wurden (ebd. 1.184, 190–193, 232–255). Während Salz-Partikel in den folgenden Jahren eher im Zusammenhang mit medizinischen Fragen thematisiert wurden (ebd. 3.122–135; 4.28–37; S.u. S. 64, Fn.), wandte sich Leeuwenhoek dem Thema in zwei Briefen vom Januar 1685 (auch) wieder aus einer naturphilosophischen Perspektive zu (ebd. 5.4–67, 70–137). Diese Rückorientierung war möglicherweise das Ergebnis einer Anfrage von Francis Aston, der zusammen mit einem Delfter Bürger als Interessent erwähnt wurde (ebd. 5.4), zumal für den März des Vorjahres eine Diskussion zwischen Martin Lister, Grew und Hooke über das Wachstum von Salz belegt ist, die der Ausgangspunkt für eine solche Anfrage hätte sein können (Birch 1756–1757, 4.275). Die Beobachtungen wurden dann folgerichtig auch von Lister besonders kritisch begutachtet (ebd. 4.361, 383). Während der erste der beiden Briefe einen eindeutigen medizinisch-physiologischen Bezug hatte, wurden im zweiten vornehmlich Stoffe untersucht, die einen handwerklichen Bezug hatten, z.B. Asche aus Zinn- und Bleiöfen, Kalk oder *Sal ammoniac*.

⁴⁷Im März 1675 schrieb er an Oldenburg: „UE^{dt} seght, datter persoonen van groot Oordeel te parijs, en elders sijn, die niet toe en stemmen de globule, die ick veelderhande lichamen ontdeck heb, jck ben daer gansch niet over bekommert [...]“ — „You observe that people of great knowledge in Paris and elsewhere do not agree on the globules I have discovered in a great many bodies. I do not mind this at all“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.278–279). Bereits im Januar hatte Christiaan Huygens passend dazu an Oldenburg geschrieben: „Je voudrois bien scavoir quelle voy

Leeuwenhoek trotz mehrfacher Anregungen von Seiten der Royal Society schließlich auch Untersuchungen zur Farbe aus, weil er diese nicht als ein Thema einschätzte, das sich für mikroskopische Beobachtungen eigne.⁴⁸

2.1.7 Zusammenfassung

Zusammenfassend kann also festgehalten werden, dass nach einer anfänglichen, allgemeinen Skepsis gegenüber mikroskopischen Beobachtungen als Mittel der naturphilosophischen Forschung eine Neubewertung durch Gassendi und Kircher dafür sorgte, dass die Forscher in zahlreichen Fällen eine gewisse Anzahl derartiger Themen zum Ausgangs- oder Bezugspunkt ihrer Untersuchungen mit dem Mikroskop machten. Der naturphilosophische Kontext verlor jedoch mehr und mehr an Relevanz, als Forscher nach diesen ersten, vereinzelt Beobachtungen damit begannen, ausführlichere Untersuchungen anzustellen und Beobachtungen stärker zueinander in Bezug zu setzen, da nun die Eigendynamik der Beobachtung beziehungsweise eine eher explorative Auseinandersetzung mit den Objekten bestimmend wurde. Zugleich nahmen die Einflüsse aus Naturgeschichte und Medizin auf die mikroskopische Forschung dagegen scheinbar zu.

Darüber hinaus kann aber auch festgestellt werden, dass sich innerhalb des naturphilosophischen Kontextes bestimmte Strömungen zu stärkeren Einflüssen entwickeln konnten als andere: Während Kirchers und Borels Ansätze zu einer hermetisch beeinflussten Mikroskopie offenbar keine Nachfolger fanden und die expliziten Bezüge auf Gassendi im Laufe der 1660er Jahre mehr und mehr verschwanden, wurde die cartesianische Naturphilosophie zum wichtigsten Bezugspunkt für die Forscher, wenn auch nicht nur in positiver Hinsicht. Hierfür spielte scheinbar keine Rolle, dass Descartes im Gegensatz zu Gassendi das mikroskopische Beobachten relativ früh aufgegeben und ihm in seinen Schriften so gut wie gar keinen Platz eingeräumt hatte. Mit dem *Discours de la méthode* hatte er eine Schrift vorgelegt, die sich nicht nur auf verschiedene Themenbereiche anwenden ließ, sondern zudem gleichermaßen auf praktische wie theoretische Aspekte des Beobachtens adaptiert werden konnte, wie anhand der Entwicklungen im Kontext der Naturgeschichte noch zu sehen sein wird.

on adjoute chez vous aux observations de nostre Monsieur Leeuwenhoek, qui convertit toute chose en petit boules. Pour moy apres avoir en vain tasché de voir certaines choses qu'il voit, je doute fort, si que ne sont pas des deceptions de sa vue, et encore plus, quand il pretend decouvrir les particules, dont l'eau, le vin et d'autres liqueurs sont composées, a quoy il a mandé a mon pere qu'il estoit occupé“ (Huygens 1888–1950, 7.400). Als Huygens 1688 durch ein Gespräch mit Leeuwenhoek eine Untersuchung verschiedener Baustoffe anregte (Leeuwenhoek 1939–1999, 7.280), erwähnte Leeuwenhoek bemerkenswerterweise seine Globulitheorie nicht, obwohl er seine frühen Beobachtungen von Kalk und eine Untersuchung von Ton auf diese bezogen hatte (ebd. 1.158–161).

⁴⁸Auf einen ersten, eher allgemein formulierten Vorschlag von Francis Aston erwiderte Leeuwenhoek im September 1683, dass er befürchte eine solche Untersuchung würde keine Ergebnisse liefern (Leeuwenhoek 1939–1999, 4.152). Als ihn Richard Waller im April 1693 etwas konkreter bat, Federn hinsichtlich ihrer Farben zu untersuchen, antwortete er, dass bisherige Beobachtungen in dieser Richtung erfolglos waren und beschränkte sich ansonsten auf ein paar kurze Bemerkungen zu den Federn seines Papageis und zu gefärbten Textilien (ebd. 9.206–209). Demnach hatte er sich also, entweder auf Astons Anfrage oder aus eigenem Antrieb, zumindest an diesem Thema versucht. Auf eine weitere diesbezügliche Anfrage von Waller im Januar 1694 reagierte er dann anscheinend gar nicht mehr (ebd. 9.349).

2.2 Naturgeschichte

2.2.1 Verzögerte Einführung

Im Gegensatz zur Naturphilosophie, die sich weniger für die Spezifika von Objekten als für allgemeine Prinzipien interessierte, strebte die Naturgeschichte nach der Beschreibung, Klassifikation und Systematisierung einer möglichst großen Anzahl von Naturgegenständen, und dementsprechend war das Beobachten von vornherein ein zentraler Aspekt der naturhistorischen Forschung.⁴⁹ Trotzdem verringerte sich auch der Einfluss der naturhistorischen Tradition auf die mikroskopische Forschung schrittweise, wobei wiederum zwei Ebenen zu unterscheiden sind: Erstens spielte der für die Naturgeschichte zentrale Aspekt der Klassifikation und Systematisierung von Lebewesen nur in seltenen Fällen eine Rolle in mikroskopischen Beobachtungen. Zweitens wurden durch die neuen Beobachtungen die Fakten der naturhistorischen Tradition mehr und mehr in Zweifel gezogen; wiederum waren mikroskopische Beobachtungen also Ausgangspunkt für Kritik an bestehendem Wissen. Zugleich lassen sich in den Beobachtungen zunehmend Einflüsse aus anderen Kontexten erkennen. Ursprünglich vor allem naturhistorisch besetzte Themen wurden also in beträchtlichem Maße aus diesem Zusammenhang herausgelöst und unter neuen Perspektiven bearbeitet.

Eine weitere Parallele zeigt sich darin, dass sich das Mikroskop auch für naturhistorische Thematiken nur langsam als Instrument etablierte: Während niederländische Künstler bereits um die Jahrhundertwende zuweilen Vergrößerungsgläser für Untersuchungen von Insekten verwendeten, ist dies für Naturhistoriker zur gleichen Zeit mehr als zweifelhaft.⁵⁰ So hatte Thomas Moffett in den 1590er Jahren ausgehend von einem Manuskript Conrad Gessners eine naturhistorische Schrift über Insekten mit dem Titel *Insectorum sive minimorum animalium theatrum* verfasst. Als der Text 1634 schließlich veröffentlicht wurde, erwähnte der Herausgeber, Thomas Mayherne, in einem Widmungsbrief Beobachtungen von Flöhen, Läusen und Milben mit Vergrößerungsgläsern, vielleicht um das Werk insgesamt moderner erscheinen zu lassen. Tatsächlich weisen jedoch die entsprechenden Abschnitte des Haupttextes darauf hin, dass Moffett selbst noch nicht mit dem Einsatz von Linsen vertraut gewesen zu sein scheint, denn seine Beschreibungen widersprechen letztlich denen im Vorwort.⁵¹ Allerdings deutet dies zugleich an, dass den Details, welche durch das Mikroskop erkennbar wurden, scheinbar nicht genug Bedeutung zugestanden wurde, um eine Revision des Textes notwendig erscheinen zu lassen.

Im Fall von Nicolas-Claude Fabri de Peiresc ist bekannt, dass er bereits seinem Programm einer *Historia* im Sinne einer weitläufigen, beschreibenden Wissenschaft nachging, bevor er 1622 Zeuge der Demonstration eines Mikroskopes wurde.⁵² Folglich dokumentierte er erstens durch einen Bericht das Ereignis als solches. Zweitens beschrieb er sehr

⁴⁹Ogilvie (2006); Daston (2011); Park (2011); Pomata (2011).

⁵⁰Ruestow (1996, 48–53).

⁵¹In Mayhernes Widmungsbrief heißt es: „Atque adeo [...] si conspiciat ex Crystallo [...] sumas, miraberis Cataphractorum pulicum obscure rubentem habitum [...] Imò ipsi *Acari* prae exiguitate indivisibiles [...] caput rubrum, & pedes quibus gradiuntur, ad solem prodent.“ Dahingegen schrieb Moffett im Haupttext über die *Acari* oder *Syrones*: „Syronibus nulla expressa forma [...] praeterquam globi: vix oculis capitur magnitudo tam pusilla, ut non atomis constare ipsum, sed unum esse ex atomis Epicurus dixerit. [...] Mirum est quomodo tam pusilla bestiola nullis quasi pedibus incedens, tam longos sub cuticula sulcos peragat“ (Moffett 1634, 266). Zur Publikationsgeschichte siehe Lüthy (1995, 188–189).

⁵²Zu diesem Programm siehe Miller (2005). Ferner erinnert eine Bemerkung Gassendis an die Morallehren der spätmittelalterlichen Naturgeschichte (vgl. hierzu Ogilvie 2006, 101–102): Peiresc hätte seinen ursprünglich eher

detailliert die Gestalt verschiedener Insekten, die im Rahmen der Demonstration vorgeführt wurden, vielleicht schon mit der Idee zu einer Verwendung derartiger Beobachtungen innerhalb einer Naturgeschichte. Drittens untersuchte er mit dem neuen Instrument auch den Abdruck einer alten Münze, und machte es damit auch zu einem Instrument der *Historia* im allgemeineren Sinne.⁵³ Dennoch machte Peiresc das mikroskopische Beobachten nie zu seiner hauptsächlich wissenschaftlichen Beschäftigung, auch wenn aus seiner Korrespondenz hervorgeht, dass er später neben Insekten auch Steine und Wasser mit dem Mikroskop untersuchte. Eine mögliche Ursache hierfür könnte gewesen sein, dass Peiresc ab 1633 ein zunehmendes allgemeines Interesse an Optik entwickelte, das Untersuchungen aus einer anderen Perspektive erforderte, die gewissermaßen mit mikroskopischen Beobachtungen in Konkurrenz standen.⁵⁴

2.2.2 Gespaltenes Verhältnis zur Tradition

Auch wenn Peiresc andere Projekte mikroskopischen Beobachtungen vorzog, bemühte er sich doch darum, durch Empfehlungen und Vermittlungen die Mikroskope weiter zu verbreiten, die von Cornelis Drebbel gebaut wurden und von denen er zumindest für seine ersten Beobachtungen selbst eines benutzt hatte. Dadurch gelangten diese Instrumente auch nach Italien, wo sich einige Mitglieder der *Accademia dei Lincei* schon seit einiger Zeit mit mikroskopischen Beobachtungen beschäftigten, diese nun aber merklich intensivierten.⁵⁵ Einerseits wurden diese Beobachtungen als Fortsetzung der naturhistorischen Tradition präsentiert: Die besondere Aufmerksamkeit für bestimmte anatomische Details der Biene wurden in Federico Cesis *Apiarium* (1625) durch Referenzen auf die Beschreibungen bei Aristoteles und Plinius begründet.⁵⁶ Andererseits wurde die Biene, die mit der von Francesco Stelluti erarbeiteten *Melissographia* (1625) sogar in Graphiken detailliert beschrieben wurde, vor allem deswegen für eine so ausführliche Abhandlung ausgewählt, weil Papst Urban VIII diese Tiere in seinem Familienwappen führte. In ähnlicher Weise rechtfertigte Stelluti auch die Beschreibung des Kornkäfers, die er mit einer leicht modifizierten Darstellung der Biene, einer Persius-Übersetzung (1630) beifügte, aus der Relevanz dieses Tieres innerhalb des antiken Textes.⁵⁷

aggressiven Charakter nach der Beobachtung eines Kampfes zwischen einer Laus und einem Floh gemäßigt (Gassendi 1658, 5.333b).

⁵³Das Manuskript dieses Berichtes wurde von Humbert (1951) transkribiert. Beschrieben werden verschiedene Milben und Läuse, eine Mücke, eine Spinne, ein abgetrennter Fliegenkopf sowie der erwähnte Münzabdruck. Peiresc griff auch später auf Linsen und Mikroskope zurück, um Schrift zu vergrößern, wie aus seinen Briefen (Peiresc 1888–1896, 5.67, 547, 321, 547–548) und seiner *Vita* (Gassendi 1658, 333b) ersichtlich ist. Für andere historisch motivierte Untersuchungen (ohne Mikroskop) siehe Miller (2005, 361–368).

⁵⁴Bezüglich der Beobachtungen von Peiresc siehe diverse Briefe zwischen 1622 und 1636 (Peiresc 1888–1896, 3.465, 477–478; 4.434–436; 6.28–30) sowie entsprechende Bemerkungen in seiner Biographie, denen Gassendi zuweilen auch naturphilosophische Kommentare angefügt hat (Gassendi 1658, 5.301a, 306a, 319a). 1636 erwähnte Peiresc dann verschiedene mikroskopische Beobachtungen im Zusammenhang mit seinen optischen Versuchen (Peiresc 1888–1896, 3.465), und auch sein Bericht über die Demonstration von 1622 wurde letztlich dem Manuskript zu optischen Fragen hinzugefügt (Humbert (1951, 154); Miller (2005, 371–372, Fn. 75, 80–82)).

⁵⁵Freedberg (2002, 152–153).

⁵⁶Cesi erwähnt Plinius hinsichtlich der äußeren Gestalt der Biene und bedauert sogar, dass dieser nicht bereits ein Mikroskop benutzen konnte (Galluzi und Guerrini 2006, *Apiarium*, Feld 28). Aristoteles wird hingegen kritisiert, weil er den Bienen Ohren absprach, obwohl auch Cesi diese nicht beobachten konnte und auf ihr Hörvermögen nur indirekt schließt (ebd. Feld 31).

⁵⁷Siehe hierzu Galluzi u. Guerrini (2006, *Melissographia*), Stelluti (1630, 47, 51–54, 126–127) sowie die Erläuterungen bei Freedberg (2002, 160–163, 189). Dementsprechend wurde auch nicht behauptet, die mikroskopischen

Auffällig ist in diesem Zusammenhang jedoch, dass bei zwei zentralen Aspekten des *Apiariums* nicht auf mikroskopische Beobachtungen verwiesen wurde: Die Systematik der Bienen im Zentrum dieses Faltblattes beinhaltet erstens zwar auch die anatomischen Unterschiede verschiedener Bienenarten und -typen, diese waren jedoch nicht die Grundlage des Schemas. Zweitens wurden auch hinsichtlich der Fortpflanzung beziehungsweise Zeugung der Bienen keine mikroskopischen Beobachtungen erwähnt. In beiden Fällen dominierten stattdessen Analogien zum Papsttum: Die Bienen wurden nicht primär anhand ihrer Gestalt, sondern nach ihren verschiedenen sozialen Eigenarten und Funktionen im Gefüge eines Staates unterschieden und beschrieben, an dessen Spitze ein König mit den Eigenschaften des Papstes stand. Die Zeugung der Bienen fand dementsprechend nicht durch Kopulation statt, sondern durch eine spezielle Einwirkung des Bienen-Königs auf den Honig.⁵⁸

In ähnlicher Weise war auch die Morphologie nur eine von vielen Kategorien zur Klassifikation innerhalb von Cesis neuem System der Pflanzen, dessen erste Tafeln allerdings erst 1651, also 21 Jahre nach seinem Tod, von Stelluti zusammengestellt und veröffentlicht wurden.⁵⁹ Die im Zuge der Beobachtungen erstellten Zeichnungen dokumentieren allerdings, dass man zuvor mit viel Aufmerksamkeit die Samen von Farnen und anderen Pflanzen gesucht hatte, und somit anders als bei den Bienen auch die Zeugung genauer untersucht worden war. Diese Bilder wurden jedoch seinerzeit nicht veröffentlicht und werden erst in jüngster Zeit überhaupt den Lincei zugeordnet.⁶⁰

2.2.3 Emanzipation

Im unmittelbaren Umfeld der kurzlebigen Accademia dei Lincei wurden ebenfalls Beobachtungen an Pflanzen und Insekten durchgeführt, und diese unterschieden sich nicht nur dadurch von denen Cesis oder Stellutis, dass sie keinen expliziten Bezug zur naturhistorischen

Beobachtungen des Kornkäfers wären den Beschreibungen bei Persius überlegen: „e quindi vedrassi come Persio habbia bene indovinato la sua forma, benche non credo sia stato da lui così minuramente osservato, come da noi con l'aiuto di detto Microscopio [...]“ (Stelluti 1630, 126). Insofern ist auch die Einschätzung von Freedberg (2002, 192) nicht zutreffend, dass sich der *Persio tradotto* hinsichtlich des rhetorischen Rückgriffs auf antike Autoren grundlegend vom *Apiarium* Cesis unterscheidet. Denn zwar wird in der Beschreibung der Biene nur kurz auf Aristoteles verwiesen (Stelluti 1630, 51), in der des Kornkäfers hingegen auf Vergil, Symphosius und Plautus (ebd. 126). Bei Vergleichen verschiedener Körperteile des Kornkäfers mit denen anderer Insekten werden neben der Biene auch Ameise, Fliege, Moskito und Mücke erwähnt (Stelluti 1630, 126). Die Biene wird hinsichtlich ihrer Flügel außerdem mit der Fliege und auch mit der Fledermaus verglichen (ebd. 53). Dies deutet weitere Untersuchungen Stellutis an, die jedoch vermutlich mangels ihrer literarischen Relevanz nicht ausgearbeitet wurden.

⁵⁸Hinsichtlich der Systematik der Bienen beachte man unter anderem, wie bei der Beschreibung der *Apes civiles* (Galluzi und Guerrini 2006, *Apiarium*, Felder 47–57) sogar die Bemerkungen über die physische Gestalt losgelöst vom Haupttext, beinahe als Zusatz stehen (ebd. Felder 48, 53). Zur Zeugung der Bienen siehe ebd. (Felder 9, 47, 49). Woolfson (2009, 296–298) sieht in dieser Erklärung vor allem paracelsistische und neoplatonische Elemente, entgegen seiner Aussage wird aber auch die Möglichkeit einer Zeugung von Bienen aus Ochsenkadavern erwähnt (Galluzi und Guerrini 2006, *Apiarium*, Felder 22, 30, 37), auch dies allerdings ohne Rückgriff auf Beobachtungen.

⁵⁹Bereits das *Apiarium* wurde im vollen Titel als Vorbote von Cesis unvollendetem Hauptwerk, dem *Theatrum naturae*, ausgewiesen (Galluzi und Guerrini 2006, *Apiarium*, Feld 0). Die hierfür ebenfalls vorgesehenen *Tabulae phytosophicae* erschienen schließlich in verschiedenen Fassungen als Anhang zu mehreren Ausgaben des *Rerum Medicarum Novae Hispaniae Thesaurus* von Francisco Hernández (Freedberg 2002, 225–228, 266–267, 286, 370). Hinsichtlich der verschiedenen Ansätze zur Klassifikation siehe Hernández (1651, 901–960, v.a. 909–914). Freedberg (2002, 377, 383–384) charakterisiert dieses Projekt trotz des Rückgriffes auf mikroskopische Beobachtungen als Fehlschlag. Die Beobachtungen und die Versuche zur Systematisierung hätten jedoch den Drang gemeinsam gehabt, zum Essentiellen der Dinge vorzudringen (ebd. 286).

⁶⁰Freedberg (2002, 33, 219, 222, 225–228).

Tradition herstellten: Francesco Fontana hatte bereits bei der Erarbeitung der *Melissographia* geholfen, bevor er 1646 seine eigenen *Novae coelestium terrestriumque observationes* veröffentlichte. Die darin enthaltenen Beobachtungen von sechs verschiedenen Insekten verzichteten erstens bemerkenswerterweise gänzlich auf Graphiken.⁶¹ Zweitens wurden die Beobachtungen als einzelne Beschreibungen ohne Versuch einer Klassifikation wiedergegeben. Tatsächlich könnte man einen Abschnitt über ein „namenloses“ Insekt sogar als Andeutung auf eine Diskrepanz zwischen der traditionellen Naturgeschichte und den neuen Entdeckungen verstehen.⁶² Drittens versuchte Fontana, sowohl seine Beobachtungen von Insekten als auch von Pflanzen auf deren Inneres auszudehnen, und auch wenn es diesbezüglich nur bei kurzen Bemerkungen blieb, erweiterte er damit doch den Rahmen derartiger Untersuchungen deutlich über das hinaus, was etwa die Lincei zu beobachten versucht hatten.⁶³

Giovan Battista Odierna ging mit seinem *L'occhio della mosca* (1646) ähnliche Wege: Zwar stellte sich Odierna durch Verweise auf Aristoteles, Plinius und Ulisse Aldrovandi in die naturhistorische Tradition, räumte dementsprechend der Bestimmung von Genus und Species des zu untersuchenden Insektes eine wichtige Rolle ein und führte sogar eine Tabelle der ihm bekannten Insekten mit ihren lateinischen und italienischen Namen auf, doch konterkarierte er all dies letztlich dadurch, dass er gleich im Anschluss auf die immense, kaum zu erfassende Anzahl an Unterarten und Varianten hinwies. Die Untersuchung eines möglichst eng gefassten Einzelfalles, nämlich der Struktur der Augen einer einzelnen Insektenart, wurde dann explizit auch als Konsequenz aus dieser Problematik präsentiert.⁶⁴ Ferner sollte die Untersuchung des Fliegenauges später auch in den Kontext eines breiter angelegten Diskurses zur Optik gestellt werden, was unterstreicht, dass Odiernas Beobachtungen auch durch naturphilosophische Ziele motiviert wurden. Seine Herangehensweise und Technik waren dagegen vor allem durch Anleihen bei der Anatomie geprägt, unterlagen also Einflüssen aus dem Bereich der Medizin.⁶⁵

⁶¹Fontana wurde zwar auf dem Originaldruck der *Melissographia* nicht erwähnt, hat aber Stelluti (1630, 47) zufolge deren Darstellungen angefertigt (s.a. Freedberg 2002, 185, 189). Das Fehlen von Graphiken in seinen eigenen Beobachtungen fällt besonders deswegen auf, weil solche im astronomischen Teil seines Buches durchaus zu finden sind.

⁶²Die Begegnung mit dem „Animalculum anonymum“ wird als ein Zufall beschrieben (Fontana 1646, 150); so wie auch bei den ähnlichen Beobachtungen von Borel (s.u. S. 38, Fn.). Die anderen Beobachtungen umfassten Käsemilben, Flöhe, Ameisen, Fliegen, Spinnen und Bienen (Fontana 1646, 148–151).

⁶³Siehe Kommentare zum Inneren des Flohs (Fontana 1646, 148–149) und zu Blut und Blutgefäßen der Fliege (ebd. 149). Hinsichtlich der Pflanzen beließ Fontana es bei folgendem Kommentar am Ende seiner Beobachtungen: „In herbis, & arborum frondibus, venas ingenioso opificio ductas, in ijsque succum, quo aluntur ea, quae radicibus continentur, inspeximus, & quo modo in illis succus gelet, & fluat, perspecimus [...] Conspicitur etiam in floribus succus, venulisque florida innatans ambrosia“ (ebd. 151).

⁶⁴Zu den naturhistorischen Bezügen und der Tabelle siehe die entsprechenden Stellen im Text, der bei Pighetti (1961, 319–322, 328) wieder abgedruckt wurde. Odierna nannte zudem Girolamo Cardano und Albertus Magnus als Vertreter der falschen Ansicht, dass Fliegen keine Augen hätten (ebd. 324). Zur Ausrichtung seiner eigenen Beobachtungen schrieb er: „Or tutte queste specie d'Insetti, e ciaschuna d'esse vien diuisa, e vengono distinte in numerosissime specie suba'ternate, in tanto che sotto il Genere della Mosca sene anummerano più di 70. [...] Vedesi dunque, per cominciare la Descrizione di questa singularissima Anatomia [...] nell'estrinseco dell'Occhio della Mosca, e in qualsiuoglia indiuiduo delle specie annouerate sotto il Genere degl'Insetti“ (Pighetti 1961, 323).

⁶⁵Hinsichtlich der philosophischen Einflüsse vergleiche den vollen Titel (Pighetti 1961, 319) sowie die Ankündigungen für verschiedene Schriften zur Optik (ebd. 331, 334–335). Der medizinische Einfluss äußerte sich einerseits in der Verwendung anatomischer Begriffe bzw. der Charakterisierung der ganzen Untersuchung als Anatomie (ebd. 323, 326, 329, 330, 332). Hinsichtlich der Methoden s.u. S. 121.

Für Pierre Borel bildeten dann die publizierten mikroskopischen Beobachtungen einen neuen Bezugsrahmen anstelle der klassischen Naturgeschichte: In den Beschreibungen der äußeren Gestalt einer beträchtlichen Anzahl von Insekten bezog er sich explizit auf Fontana und brachte seine eigenen Untersuchungen in gleicher Art und Weise vor. Die gilt auch für die steigende Anzahl bisher unbekannter Insekten, welche die Möglichkeit einer Klassifikation noch fragwürdiger erschienen ließen.⁶⁶ Dass er ferner in den Beobachtungen zuweilen besonderes Interesse an den Augen der Insekten zeigte, ist auf Odierna zurückzuführen, während die zusätzlichen Untersuchungen an Insekteneiern und das zunehmende Interesse für ihre inneren Organe aus Borels medizinischem Hintergrund folgten.⁶⁷ Zugleich verwies Borel, möglicherweise als neue Legitimation für seine Untersuchungen, an einigen Stellen auf die negativen Einflüsse, die Insekten auf das menschliche Leben haben könnten.⁶⁸

Auch Borels Beobachtungen von Pflanzen waren eher ein Anschluss an das, was er aus fremden mikroskopischen Beobachtungen erfahren hatte, als eine Umsetzung naturhistorischer Konzepte: Die Beschreibung der inneren Gefäße schloß einerseits wiederum an Fontana an, andererseits nutzte Borel hier anatomisches Vokabular. Dies dokumentiert wiederum den Einfluss medizinischer Ideen auf seine Forschung, auch wenn die Strukturen nur beschrieben und ihnen noch keine Funktionen zugeschrieben wurden. Ferner bezog sich Borel in einigen Passagen, die sich mit auffälligen Formen in Pflanzenstrukturen beschäftigten, auf Athanasius Kircher und brachte somit auch ein gewisses naturphilosophisches Element in diese Beobachtungen mit ein, die jedoch trotzdem in erster Linie deskriptiv blieben.⁶⁹ Hinsichtlich der Zeugung von Pflanzen wurde schließlich auf Cesis Beobachtungen

⁶⁶Siehe die Beschreibungen verschiedener Insekten (Borel 1656a, *Centuria*, IX, XI, XII, XXI, XXVII, XXXVI, XXXVIII, XLV, XLVIII, LI, LV, LVI, LVIII, LXII, LXVI, LXVIII, LXIX, LXXIV, LXXVIII, LXXXIV, XCI, XCIII, XCVI). Dazu kommen zwei von Fontana übernommene Beobachtungen (ebd. L, LXIV) und eine Beobachtung, die sich besonders den Fühlern der Insekten widmete (ebd. LIX). Die Anzahl der unbekannteren Insekten war unter Einbezug einer Beobachtung von Fontana auf zehn angewachsen. Von diesen wurden vier auch graphisch dargestellt (Borel 1656a, *Centuria*, XXXVI, XXXVIII, XLV, LXVIII), während die anderen nur im Text beschrieben wurden, ähnlich wie bei Fontana zuweilen mit einer narrativen Einleitung (ebd. LI, LVIII, LXIV (übernommen von Fontana), LXXIX, LXXXIV, LXXXVIII). Dabei wurde auch darauf hingewiesen, dass es noch unzählige andere Insekten gäbe, die noch nie beschrieben worden seien (ebd. LI). Ein in gewisser Weise ähnliches Thema sind Borels Beobachtungen von Lebewesen, die mit bloßem Auge unsichtbar sind. Diese gehören jedoch allesamt in den medizinischen Bereich (s.u. S. 57–58).

⁶⁷Die Augen werden zwar nur in einigen der Insekten-Beobachtungen besonders hervorgehoben (Borel 1656a, *Centuria*, XII, XXI, XXVII, LXVIII, LXXXIV), bekamen jedoch auch eigene Textabschnitte zugestanden, welche Spinnen, Ameisen und Skarabäen betreffen (ebd. IX, XXXIV, LXXIII). Hinzukommen zwei Beobachtungen, die von Odierna übernommen wurden (ebd. XXXIII, XLIX). Auch ein Abschnitt zu den Augen von Schnecken und Krebsen (ebd. XC) erinnert an entsprechende Vergleiche bei Odierna (Pighetti 1961, 324, 329). Die bezüglich der Eier besprochenen Fragen reichen von ihrer Identifikation (Borel 1656a, *Centuria*, X) über die Beobachtung des Herzschlages einer Spinne im Ei (ebd. XX) bis hin zur Möglichkeit mittels Beobachtungen an ihren Eiern zu klären, ob Ameisen Augen haben (ebd. XXXIV). Darüber hinaus werden Eier in zwei weiteren Insekten-Beobachtungen erwähnt (ebd. XII, LVIII). Hinsichtlich der Organe werden vor allem Herz und Blutgefäße erwähnt (ebd. IX, XI, LXXXIV), vermutlich ausgehend von zwei Beobachtungen, die von Fontana übernommen wurden (ebd. XII, L), wohingegen bezüglich des Gehirns einmal mehr auf Odierna verwiesen wird (ebd. XLIX). Zur Tradition mikroskopischer Beobachtungen an Eiern im medizinischen Kontext s.u. S. 54–61.

⁶⁸Hinsichtlich der Problematik des Schädlingsbefalls siehe die Beobachtungen zu Läusen (ebd. XI), Flöhen (ebd. XII), Silberfischchen (ebd. XXXVI) und Küchenschaben (ebd. LXXXIV, XCI).

⁶⁹Während bezüglich einiger Blätter lediglich die Rede von Öffnungen in ihnen ist (Borel 1656a, *Centuria*, V, LII, LXIII), werden bei nicht näher benannten Blüten (ebd. XXVI, übernommen von Fontana) sowie den Blättern von Geißblattgewächsen, Lorbeer und Thymian Venen ausgemacht (ebd. XXVI, LXIII), bei den Blättern von Salomonssiegel hingegen Nerven (ebd. LXXI). Bemerkenswerterweise werden diese Untersuchungen nicht in Verbindung mit der Frage der Oberflächenstrukturen der Pflanzen und den aus ihnen resultierenden Sinneseindrücken gesetzt (s.o. S. 25–26). Man beachte ferner besonders das „Nebeneinander“ zweier Beobachtungen über Öffnungen

vermeintlich samenloser Pflanzen verwiesen, die eigenen Untersuchungen gingen jedoch wiederum eher in eine anatomische Richtung und beinhalteten auch die Zerlegung von Samen unter dem Mikroskop.⁷⁰

Die Idee der Klassifikation von Lebewesen spielte scheinbar weder in den Insekten- noch den Pflanzen-Beobachtungen Borels eine Rolle. Neben dem bereits erwähnten Umstand, dass die Anzahl von Untersuchungen bisher unbekannter Insekten zugenommen hatte, wies Borel auch explizit darauf hin, dass durch das Mikroskop weitere „neue“ Pflanzen und Tiere entdeckt werden würden, wodurch abermals der Gegensatz zwischen dem traditionellen Wissensbestand und den Ergebnissen der mikroskopischen Untersuchungen betont wurde.⁷¹

Fontana, Odierna und Borel hatten also jeweils auf ihre Weise und in unterschiedlichem Maß von naturhistorischen Konzepten und Vorgehensweisen Abstand genommen und statt dessen unter Einbeziehung von Ideen aus anderen Kontexten begonnen, Objekte, die klassischerweise der Naturgeschichte zugeordnet worden wären, unter neuen Gesichtspunkten zu erforschen. Hierin kündigte sich wiederum die Entwicklung eines Beobachtens an, dass weniger durch einen spezifischen Kontext als durch den Umgang mit bestimmten Objekten und eine daraus resultierende Eigendynamik geprägt war.

2.2.4 Rückbezug und Neuordnung

Wie bereits bei den naturphilosophischen Fragen wurden auch im Bereich Naturgeschichte Entwicklungen nicht unbedingt von anderen Forschern weitergeführt: Henry Power scheinen die mikroskopischen Beobachtungen seiner Vorgänger weitestgehend unbekannt gewesen zu sein. Doch statt der Klassiker der Naturgeschichte, die für Cesi und Odierna in unterschiedlichem Maße Bezugspunkte gewesen waren, schloß Power hauptsächlich an die vor-mikroskopischen Insekten-Beobachtungen von Moffett an.⁷² Dennoch versuchte auch Power scheinbar nicht, die einzelnen Beobachtungen einer Systematik zu unterstellen, berichtete aber wiederum von unbekanntem Insekten, die er untersucht hatte. Tatsächlich wurde die Klassifikation von Lebewesen sogar in zunehmendem Maße verwischt: Nun wurden

(ebd. V) und sternförmige Strukturen (ebd. VI) in Blättern. Borel erwähnte Kirchers Beobachtung der selbstständlichen Struktur von Rizinus, die ursprünglich vermutlich ein Beispiel für Formbildung dargestellt hatte (Kircher (1646, 834); s.o. S. 23–24). Borel konnte eine derartige Struktur bei Rizinus nicht finden, beschrieb allerdings entsprechende Formen bei der Zypresse u.ä. Pflanzen (Borel 1656a, *Centuria*, XXV; LVII). Auch im Rahmen der eher den Farbuntersuchungen zuzuordnenden Beobachtung von Federn wurde Selbstständigkeit festgestellt (ebd. XVI).
⁷⁰Bezüglich der Suche nach Samen von Farn und des Verweises auf Cesi siehe Borel (1656a, *Centuria*, VIII, VIII). An anderer Stelle spricht Borel explizit von einer „Anatomie“ von Samen (ebd. XVII; s.a. XXXIX). Der Vergleich von Hirse mit Eiern (ebd. XLIV) deutet ebenfalls in die medizinische Richtung (s.u. S. 57, Fn.).

⁷¹„sicque hoc Conspicillo novae plantae, nova animalia &c. deteguntur“ (Borel 1656a, *Centuria*, XLI).

⁷²Dabei stand für Power außer Frage, dass erst Mayherne über ein Mikroskop verfügte, bemerkte er doch hinsichtlich des *Acarus*: „Certainly *Scaliger* and *Muffet* would have far more admired this almost invisible subcutaneous Inhabitant, had they had the happiness to have seen it in our *Microscope*. [...] Our famous *Mayhern* (who had the advantage of an Ordinary *Microscope*) gives this short, but very neat description of this poor Animal. [...]“ (Power 1664, 22–23; s.a. 2–3, 6, 10, 12, 28–29, 52). Bemerkenswert ist auch Powers Widerspruch gegen Moffetts Beschreibung von Nissen hinsichtlich der in ihnen enthaltenen Insekten (ebd. 52). Ein Vergleich mit einem Abschnitt zu Zikaden (ebd. 28–29) legt nahe, dass hier einer Zeugung von Läusen aus Eiern grundsätzlich widersprochen werden sollte, denn dort wurde angemerkt, dass jede Pflanze ihre eigenen Insekten erzeugen würde, während hier die Entsprechungen von Nissen bei Menschen und Pferden betont wurden. Die andernorts beschriebenen Spinneneier (ebd. 15) könnten dabei eine Ausnahme bilden, da diese nicht als Parasiten beschrieben wurden. Zu Powers mikroskopierenden Vorgängern findet sich lediglich eine kurze Erwähnung Borels im Zusammenhang mit einer medizinischen Frage (s.u. S. 58).

auch einige größere Tiere untersucht, die aber in keiner Weise von den Insekten unterschieden, sondern hinsichtlich der gleichen Aspekte studiert wurden.⁷³

Dennoch glich Power seinen Vorgängern insofern, dass auch bei ihm die Beobachtungen von Insekten zunehmend durch medizinische Ideen beeinflusst wurden. Dies zeigt sich vor allem darin, dass neben den Augen und den Stacheln der Insekten auch ihr Herzschlag besonders berücksichtigt wurde.⁷⁴ Auffällig ist dagegen, dass die Beobachtungen an Pflanzen, bei denen sich keine derartige Vermischung von Fragen aus verschiedenen Kontexten erkennen lässt, vergleichsweise kurz ausfielen.⁷⁵

Auch Hooke nahm scheinbar keine Notiz von seinen italienischen und französischen Vorläufern. Wie bereits erwähnt, hatten die Mitglieder der Royal Society ihn um konkrete mikroskopische Beobachtungen gebeten, und dabei seine Untersuchungen eher in eine naturhistorische Richtung gelenkt.⁷⁶ Hookes eigene, eher philosophische Interessen hatten diesbezüglich auch zur Folge, dass er anders als seine Vorgänger seine Beobachtungen nicht mehr nur in einer losen, mehr oder weniger ungeordneten Sammlung präsentierte, sondern darauf abzielte, kapitelweise vom Einfachen zum Komplizierten fortzuschreiten. Diese Ordnung der Beobachtungen war vermutlich von Descartes' *Discours de la méthode* inspiriert worden und stellte gewissermaßen eine Alternative zur Klassifikation der Objekte nach traditionellen naturhistorischen Konzepten dar.⁷⁷ Konsequenterweise wurden grundsätzliche Unterscheidungen von Pflanzen und Insekten dann in den Beschreibungen auch mehr oder

⁷³Zwar ist der mikroskopische Teil der *Experimental Philosophy* grob unterteilt in Beobachtungen von Insekten und kleineren Tieren (Power 1664, 1–42), von anorganischen Stoffen (ebd. 42–46) und von Pflanzen und Pflanzensamen (ebd. 46–51), die Insektenbeobachtungen sind jedoch in sich nicht weiter geordnet, wenn man einmal von einer gewissen Häufung der Beobachtungen von Milben (ebd. 16–20) und unbekannter Insekten (ebd. 30–32) absieht. Zu letzteren finden sich jedoch auch andere Stellen, die aber anders als bei Borel weniger an ihren Namen als an den ähnlichen Einleitungen zu erkennen sind (ebd. 10–11, 26–27, 20). Eine narrative Einleitung findet sich dagegen nur für eines der unbekannteren Insekten (ebd. 19), aber auch für die Beobachtung einer Feldspinne (ebd. 15). Die Beobachtungen von Schnecken und Lampreten (ebd. 36–42) hatten den gleichen Schwerpunkt wie die der Insekten: Augen und Herzschlag. Deutliche Unterschiede zeigen sich hingegen in der Beobachtung des Essigaals, s.u. S. 107.
⁷⁴Die Beobachtungen umfassten Flöhe, Bienen, verschiedene Fliegen, Schmetterlinge, Läuse, verschiedene Spinnen, Glühwürmer, Grashüpfer, Ameisen und Heuschrecken (Power 1664, 1–10, 11–15, 23–26, 30–32). Die Abschnitte über verschiedene Milben mussten sich hingegen wegen deren geringer Größe auf die grobe äußere Gestalt beschränken (ebd. 16–23). Zu den medizinischen Einflüssen s.u. S. 58.

⁷⁵Untersucht wurden die Samen von Farn, Frauenhaar, Erdbeere, Mohn und Lilien (Power 1664, 46–50). Ausgangspunkt für diese Themenwahl war „the old quarrel in Herbalism, Which is the least of Seeds“ (ebd. 46–47). Die beschriebenen Strukturen umfassten besondere Blätter (ebd. 50), die Kapselfrüchte von Nelken und Nesselhaare (ebd. 51).

⁷⁶Direkte Anregungen für einzelne Beobachtungen sind belegt für versteinertes Holz, Salbeiblätter und Haare (Harwood 1988, 124–125, 129), zudem wurden Nüsse mit darin eingeschlossenen Insekten von Peter Ball bereitgestellt (Hooke 1665, 190). Bereits im Mai 1663 wurde das besondere Interesse der Fellows an Insekten dadurch ersichtlich, dass ausgehend von den mikroskopischen Beobachtungen von Christopher Wren ein Komitee zu ihrer Erforschung gebildet wurde (Birch 1756–1757, 1.21–23).

⁷⁷„As in *Geometry*, the most natural way of beginning is from a *Mathematical point*; so is the same method in *Observations* and *Natural history* the most genuine, simple, and instructive. [...] We will begin these our *Inquiries* therefore with the *Observations* of *Bodies* of the most *simple nature* first, and so gradually proceed to those of a more *compounded* one“ (Hooke 1665, 1). Man beachte die Ähnlichkeit zu den Ausführungen in Descartes' *Discours* (Descartes 1964–1986, 6.20–21). Dementsprechend folgen auf die ersten 10 Beobachtungen, die eine Art geometrisch-philosophische Einleitung bilden, zunächst einfache anorganische Strukturen (XI–XV), dann Beobachtungen zu Pflanzen und ihrem Wachstum (XVI–XXIII), ihren Auswüchsen und Stacheln (XXIV–XXVII), sowie ihren Samen (XXXVIII–XXI). Darauf folgen Beobachtungen zum Äußeren von Tieren (XXXII–XL), eine Beobachtung zu den Eiern des Seidenspinners (XLI), sowie schließlich stärker ins Detail gehende Beschreibungen von Insekten (XLII–LVII). Die letzten Kapitel befassen sich dann mit Fragen der Optik und Astronomie.

weniger aufgehoben und stattdessen etwaige Ähnlichkeiten zueinander betont.⁷⁸ Ferner gleichen sich auch die Fragestellungen für die Untersuchungen der verschiedenen Objekte mehr und mehr: Die Poren und Gefäße von Holzkohle, versteinertem Holz und Kork wurden einerseits in Zusammenhang mit den Beobachtungen einiger Fellows an sensitiven Pflanzen gesetzt, andererseits wurden auch Insekten auf ihre Gefäße und Organe sowie auf bestimmte Fähigkeiten hin untersucht.⁷⁹ Hinsichtlich der Zeugung von Pflanzen untersuchte Hooke sowohl scheinbar spontan entstehende Gewächse wie auch einige Samen.⁸⁰ Dies findet wiederum eine Entsprechung in den Beobachtungen von Insekteneiern und vermeintlichen Fällen von spontaner Zeugung.⁸¹ Sogar bezüglich ihrer zuweilen schmerzhaften Einwirkung auf den Menschen wurden in Hookes Beobachtungen gewisse Parallelen zwischen Pflanzen und Insekten betont.⁸²

Die von früheren Forschern vorangetriebene Emanzipation mikroskopischer Forschung von der naturhistorischen Tradition war also von Power und Hooke nicht direkt aufgegriffen worden: Während Power sich an neuerer, aber vor-mikroskopischer Literatur aus diesem Kontext orientierte, wurden Hookes Beobachtungen durch seine Verpflichtungen gegenüber den Interessen anderer Forscher in eine entsprechende Richtung gelenkt. Dennoch kam es

⁷⁸Dementsprechend findet auch die Überleitung von anorganischen zu pflanzlichen Strukturen über die porösen Strukturen des Ketting-Steines und von Holzkohle statt (Hooke 1665, 93–94; 100–101). Die Beobachtungen von tierischem Gewebe beginnen mit Haaren, die in einer Analogie als „a kind of Vegetable growing on an Animal“ (ebd. 158) charakterisiert werden. Noch kurz zuvor hatte Hooke die Ähnlichkeit zwischen Portulak-Samen und der Schale eines Nautilus festgestellt (ebd. 156), später wies er auf die Übereinstimmung bestimmter Formen bei Insekten und Krustentieren, insbesondere des Äußeren eines unbekanntes Insektes mit dem einer Krabbe hin (ebd. 207).
⁷⁹Hooke verstand die beobachteten Poren als Teil von Gefäßen der Pflanzen, in denen Nährsaft transportiert werde (Hooke 1665, 100–101, 113–114). Im Zusammenhang mit einem längeren Zitat über die Beobachtungen verschiedener Fellows an sensitiven Pflanzen, erwähnte er auch seine Suche nach Klappen wie in Blutgefäßen und seine Erfolglosigkeit in der Mikroanatomie solcher Pflanzen (ebd. 116, 120); s.u. S. 70–71. Beschreibungen von Blutgefäßen und Innereien finden sich in der Beobachtung einer aufgeschnittenen Fliege (ebd. 184) sowie von vier Insekten mit zum Teil transparenten Körpern (ebd. 185–186, 194–195, 212–213, 214); zu dieser Verbindung s.u. S. 130–131. Die näher analysierten Fähigkeiten von Insekten umfassten ihren Flug (ebd. 167, 172–174, 195–198), die Fortbewegung mit den Füßen (ebd. 169–171, 210–211), ihre Ernährung (ebd. 209–210, 212) sowie das scheinbar rationale Verhalten von Spinnen und Ameisen (ebd. 200–202, 203–205), bezüglich der Sicht von Insekten wurde erneut das Auge der Fliege untersucht (ebd. 175–180).

⁸⁰Bei den vermeintlich spontan erzeugten Pflanzen handelte es sich um parasitäre Pflanzen (Hooke 1665, 121–125), Schimmel (ebd. 125–131), Moos (ebd. 131–135) und Seegras (ebd. 140–141). Hooke schien trotz des Fundes von samenähnlichen Partikeln in der ersten Beobachtung die Idee einer spontanen Zeugung, in der durch Verfall einer Pflanze eine weitere niedrigerer Art entstünde, vorzuziehen (ebd. 123), auch wenn er an anderer Stelle einräumt, dass es sich auch hierbei nur um eine Vermutung handle (ebd. 134). Die Auswahl der zu untersuchenden Pflanzensamen konzentrierte sich erneut auf besonders kleine Arten, wodurch wie schon bei Power nichts genaueres zum Inhalt derselben gesagt werden konnte (ebd. 152–156). Stattdessen sollten die Samen von Kornveilchen, Thymian, Mohn und Portulak als Referenzen für weitere Beobachtungen in dieser Richtung dienen (ebd. 153). Auch wird in diesem Zusammenhang eine gewisse Kritik an den bisherigen Herbaria der Naturgeschichte geäußert (ebd. 155).

⁸¹Die Beobachtungen umfassten die Eier von Seidenspinnern, Spinnen, Schmetterlingen und Fliegen, wobei der Schwerpunkt in der Beschreibung auf ersteren lag (Hooke 1665, 181–182). Die eigentlichen Überlegungen zur Zeugung oder Fortpflanzung standen jedoch in Zusammenhang mit der Beobachtung der Metamorphose einer Mücke (ebd. 187–189; hier wird auf Willem Piso und Johannes Goedart verwiesen) sowie der Untersuchung von Pflanzengallen (ebd. 189–190) und von Fruchtfliegen befallenen Nüssen (ebd. 191–193). Hier äußerte Hooke zumindest die *Vermutung*, dass auch diejenigen Insekten, denen gemeinhin eine spontane Zeugung nachgesagt werde, aus an geeigneten Stellen abgelegten Eiern geschlüpft sein könnten (ebd. 190–191). Ähnlich vorsichtige Bemerkungen finden sich in den Beobachtungen von Milben (ebd. 207, 214–215). Auch die Feststellung verschiedener Geschlechter bei Mücken war nur eine Vermutung (ebd. 195).

⁸²Siehe hierzu die Beobachtungen zu den Nesselhaaren von Salbei, Brennnessel und Juckbohnen (Hooke 1665, 142–147) sowie die Beschreibungen des Bienenstachels mit entsprechenden Vergleichen (ebd. 163–164). Die Beobachtungen zu den Saugrüsseln von Mücken und Läusen entbehren hingegen derartige Vergleiche (ebd. 195, 212).

erstens bei beiden wiederum zu einer Vermischung der Perspektiven verschiedener Kontexte. Zweitens entstand dabei in Hookes Fall durch seine naturphilosophischen Interessen die Idee, Beobachtungen nach ihrer Komplexität zu ordnen und Objekte nach mikroskopischen Ähnlichkeiten in Bezug zu setzen.

2.2.5 Spezialisierung und offene Kritik an der Tradition

Borel, Power und Hooke hatten mit ihren Büchern versucht, ihre Beobachtungen in mehr oder weniger enger Verbindung darzustellen und damit in gewisser Weise angestrebt, ihre thematisch eher heterogene mikroskopische Forschung als Ganzes wiederzugeben. Es folgten Publikationen wie die *Micrographia nova* (1687) von Johann Frantz Griendel von Ach oder die *Micrographia curiosa* (1691) von Filippo Buonanni, die mit einer ähnlichen Form das gleiche Ziel verfolgten, jedoch weder in thematischer noch in methodischer oder inhaltlicher Hinsicht bemerkenswerte Neuerungen enthielten.⁸³

Andere Forscher stellten hingegen wieder detailliertere Beobachtungen an einzelnen Objekten oder enger gefassten Gruppen von Gegenständen in den Mittelpunkt ihrer Abhandlungen, setzten dabei aber die Tendenz fort, Objekte mehr und mehr außerhalb traditioneller Kontexte zu untersuchen. Marcello Malpighis *Dissertatio epistolica de bombyce* (1669) stellte in diesem Zusammenhang einen entscheidenden Wendepunkt für das Studium von Insekten dar. Auch die Entstehung dieses Werkes war eng mit dem Kontakt zur Royal Society verbunden: Henry Oldenburg hatte Malpighi eine Reihe von Themen nahegelegt, von denen er sich zuerst der Untersuchung des Seidenspinners widmete und somit von vorne herein die Beobachtungen auf eine einzelne Insektenart konzentrierte und andere Insekten nur in Vergleichen erwähnte.⁸⁴ Durch Verweise auf Plinius und Aldrovandi stellte Malpighi dabei zunächst seine Beobachtungen in den Kontext der Naturgeschichte und beschrieb im Gegensatz zu früheren Publikationen nicht nur die inneren und äußeren Strukturen und Organe, sondern setzte verschiedene Stadien des Insekts in Vergleich zueinander und machte somit letztlich die *Entwicklungsgeschichte* dieses Tieres zum zentralen Thema.⁸⁵ Dennoch

⁸³Griendels *Micrographia Nova*, die zeitgleich in lateinischer und deutscher Sprache erschien, gliederte sich in acht Kapitel, die nach kurzen technischen Ausführungen Beobachtungen zu verschiedenen Insekten, Milben, Blüten, Textilien, Haaren, Samen und Partikeln verschiedenen Ursprungs enthielten, die zum einen allesamt nicht über äußerliche Beschreibungen hinausgingen, zum anderen ohne nennenswerte Bezüge der Objekte aufeinander blieben. Insbesondere bei den Darstellungen von Floh und Laus (Griendel von Ach 1687, Obs. II, Fig. III, IV) sowie von Schimmel (ebd., Obs. IV, Fig. IV) wird zudem deutlich, dass Hookes *Micrographia* nicht nur ein Einfluss hinsichtlich der Titelwahl darstellte. Während jedoch bei seinem englischen Vorbild die Beobachtungen einer Nadelspitze, Textilien u.ä. vornehmlich aus rhetorisch-didaktischen Gründen angeführt wurden, waren sie für Griendel offenbar vollwertige Objekte (ebd., Obs. I, Fig. I; Obs. V, Fig. I–VI). Buonannis *Micrographia curiosa* bildete hingegen den Anhang zu einer Schrift zur spontanen Zeugung (Buonanni 1691). Auch hier wurden bei den Insektenbeobachtungen erneut Hookes Abbildungen von Floh und Laus reproduziert (ebd., Fig. 55, 56). Ferner finden sich Beobachtungen zu verschiedenen spitzen Objekten wie Dornen oder Zähnen, Blüten, zu Körperflüssigkeiten, zu den *Animalcula Leeuwenhoeks* und zu Fischschuppen. Auch hier kam es zu keinerlei Verbindung oder Systematisierung der Objekte.

⁸⁴Zur Entstehung siehe Adelman (1966, 1.338–339, 673) und Meli (1997, 51). Besonders hervorzuheben sind die Vergleiche mit der Heuschrecke (Malpighi 1687, 2.18, 20–22, 39, 42) und der Zikade (ebd. 18, 26, 38), weitere Vergleiche mit Insekten und größeren Tieren ebd. (2.8, 18, 23, 26, 39, 42, 44).

⁸⁵Malpighi charakterisierte seine Arbeit mehrfach explizit als eine *Historia* (Malpighi 1687, 2.7, 8, 48). Nach ausführlicher Beschreibung von Äußerem und Innerem zweier Stadien der Raupe (ebd. 2.9–14, 14–27), folgen Beobachtungen an Larven verschiedenen Alters (ebd. 2.29–34) bevor wiederum Äußeres und Inneres der Falter sowie deren Koitus und Ablage der Eier beschrieben werden (ebd. 2.34–36, 36–44, 44–47). Hierin zeigt sich eine gewisse Ähnlichkeit zur Erforschung der Entwicklung von Foeten durch Mediziner, s.u. S. 54–61.

verwendete er hierzu in erster Linie Techniken, die er zuvor im Zusammenhang mit seinen anatomischen Studien entwickelt hatte, und richtete somit die Untersuchungen zu einem großen Teil nach Ideen aus dem Bereich der Medizin aus.⁸⁶

Einige Jahre später grenzte sich Malpighi dann im Rahmen seiner *Anatome plantarum* (1675/1679) beziehungsweise des ihr vorausgeschickten Programms (1671) explizit von der naturhistorischen Tradition ab, indem er hervorhob, dass das bisherige Wissen in diesem Bereich unzulänglich sei und auf falschen Voraussetzungen und Methoden beruhe. Dies galt insbesondere für die Klassifikation und Systematisierung von Pflanzen, die Malpighi gerade aufgrund seiner eigenen, ausufernden Untersuchungen als ein unmögliches Unterfangen ansah.⁸⁷

Im Vorgehen unterschieden sich diese Studien von *De bombyce* insofern, als sich Malpighi in der Auswahl der Objekte deutlich weniger einschränkte. Dementsprechend entwickelten sich die Untersuchungen jedoch zu einem weitläufigen Langzeitprojekt.⁸⁸ Ferner wurde der medizinische Einfluss jetzt nicht mehr nur auf der methodisch-technischen Ebene erkennbar, sondern auch in der thematischen Ausrichtung der Beobachtungen: Malpighi bemühte sich von der inneren Struktur der Pflanzen auf Körperprozesse wie Nahrungsaufnahme und -verteilung oder Atmung zu schließen, und Pflanzengallen oder Schwellungen wurden als Krankheiten der Gewächse interpretiert.⁸⁹ Dennoch handelte es sich auch in diesem Fall zu weiten Teilen um eine Entwicklungsgeschichte, denn im Mittelpunkt standen erneut die Aspekte Wachstum und Fortpflanzung. Hierzu wurden Untersuchungen sowohl an den Stämmen verschiedener ausgewachsener Pflanzen als auch an den Knospen, Blüten,

⁸⁶Allerdings wurden Herz und Blutkreislauf, die sonst bei derartigen Beobachtungen von medizinischer Seite von zentralem Interesse waren, unter den Organen oder Körperprozessen nicht besonders hervorgehoben (Malpighi 1687, 2.20–21, 42–43); s.u. S. 59–61. Bezüglich der Methoden s.u. S. 132–137.

⁸⁷„Mirum est, Plantarum genus [...] ad haec usque tempora menti nostrae latuisse, & postremò suae compagis cognitione nos erudire tantàsse [...]“ (Malpighi 1687, Bd. 1, *Anatome plantarum, Praefatio*) – „Bonarum artium literarúmque incrementis [...] non eam, ut reor, bellorum clades, populorúmque novitates intulère labem, quàm inversa studiorum methodus, artiúmque incongrua electio. Currentis enim saeculi genio ut plurimùm studia selegimus, vel parentum majorúmque caecis legibus ducimur ad artes [...]“ (ebd. 1.1) – „antiqua enim distinctio [...] suas quoque invenit difficultates apud Botánicos [...] Nec defuerunt, qui attenta varia seminum & foliorum forma, reliquisque phaenomenis, prima vegetantium genera adeò multiplicaverint, ut eadem planta sub diversis specibus decies describuntur; unde sanioribus passim impossibile videtur, plantas omnes in determinatos ordines distinguere“ (ebd. 1.17). Der Grundlagentext von 1671 wurde schließlich als *Idea anatomes plantarum* dem ersten Teil des Hauptwerkes vorangestellt (Adelmann 1966, 1.355, 371–372).

⁸⁸Adelmann (1966, 1.216) versteht eine Bemerkung von Malpighis Mentor Borelli im März 1663 als Anfangsmoment seiner Pflanzenbeobachtungen, möglich ist aber auch, dass erst Oldenburgs Anfrage von 1667 den entscheidenden Anstoß zu den Beobachtungen gab, da spezifischere Hinweise zu diesem Großprojekt erst 1669 nachgewiesen werden können (ebd. 1.353; s.a. Meli (1997, 51)).

⁸⁹Derartige Fragen wurden schon in der *Idea* erwähnt (Malpighi 1687, 1.12–14), im Hauptwerk dann aber in weniger enger Verbindung voneinander weiter bearbeitet: Schlussfolgerungen zur Ernährung finden sich in den Kapiteln über Rinden (ebd. 1.23), Stämme (ebd. 1.34–35) und Blätter (1.54–55), zur Atmung nur im Kapitel über Stämme, wobei hier explizit erwähnt wurde, dass Malpighi gezielt nach Öffnungen für die Atmung gesucht hatte (ebd. 1.32–33). Im zweiten Teil wurde im Zusammenhang mit parasitären Gewächsen lediglich auf die Frage der Ernährung eingegangen (ebd. 1.144). Pflanzengallen wurden bereits in der *Idea* auf die Ablage von Insekteneiern zurückgeführt (ebd. 1.10–11), eine Charakterisierung als Krankheit und Vergleiche mit menschlichen Leiden fand jedoch erst im zweiten Teil des Hauptwerkes statt (ebd. 1.112, 130–132), hier wurden zudem auch andere Schwellungen erwähnt und ähnlich interpretiert (ebd. 1.133–135). Fraglich blieb hingegen, ob es sich bei den vielfach an Pflanzen zu findenden Haaren und Dornen um Organe für ihren Schutz oder um zufällige Schwellungen handelte (ebd. 1.137–138).

Samen und den in ihnen enthaltenen „Samen-Pflanzen“ (*plantulae seminales*) in verschiedenen Stadien durchgeführt.⁹⁰

Obwohl Malpighi die Ergebnisse seiner Forschung in thematisch mehr oder weniger voneinander abgegrenzten Einzelabhandlungen veröffentlichte, waren die verschiedenen Beobachtungen für ihn doch durch Analogien miteinander verbunden. Wie auch Hooke plädierte er dafür, innerhalb der Untersuchungen vom einfachen zum komplizierten fortzuschreiten und Insekten und Pflanzen unter derselben Perspektive, als einander entsprechende Lebewesen zu betrachten. Dieses Konzept war möglicherweise wiederum von Descartes inspiriert, Malpighi präsentierte es jedoch in erster Linie als Lehre aus der eigenen Forschung, deren Verlauf er rückblickend als eher ineffizient einschätzte.⁹¹ Somit hatte sich schließlich auch Malpighi im Laufe seiner längeren Studien, die sich jeweils auf einzelne Gruppen von Objekten spezialisiert hatten, zum größten Teil von naturhistorischen Konzepten im engeren Sinn abgewandt und stattdessen für seine Beobachtungen einen eigenen, neuen Kontext geschaffen. Dieser beinhaltete zwar auch, dass Prozesse als *Historia* im weiteren Sinn untersucht wurden, die Objekte wurden aber, ähnlich wie zuvor bei Hooke, nach ihrer Komplexität und ihrer jeweiligen Ähnlichkeit zueinander in Bezug gesetzt, während die Vorgehensweise im Einzelnen durch anatomische Techniken bestimmt wurde.

Andere Forscher spezialisierten sich hinsichtlich der Objekte sogar noch stärker: Zeitgleich mit Malpighi hatte Nehemiah Grew ebenfalls damit begonnen, Pflanzen mit dem Mikroskop zu untersuchen und dabei ausgehend von seiner medizinischen Ausbildung gleichfalls eine anatomische Perspektive gewählt. Auch in diesem Fall wurde daraus ein Langzeitprojekt, dessen Ergebnisse Grew allerdings von 1671 bis 1677 in fünf kleineren Teilstudien veröffentlichte und 1682 mit anderen Schriften unter dem Titel *Anatomy of Plants* zusammenfasste.⁹² In der ersten dieser Abhandlungen, betitelt *Anatomy of Plants Begun* (1671),

⁹⁰Bereits in der *Idea* hatte Malpighi angedeutet, dass Untersuchungen des Holzes das Wachstum von Pflanzen erklären könnten (Malpighi 1687, 1.3–4). Im ersten Teil der *Anatome* wurde dies wieder aufgegriffen (ebd. 1.23), aber auch das Wachstum von Sprossen und Knospen thematisiert (ebd. 1.36, 39–40, 45). Wie in fast allen Kapiteln wurde dabei zuweilen bei mehreren Pflanzen die gleiche Struktur festgestellt (bspw. ebd. 1.20–21, 25, 40). Im zweiten Teil wurde das Wachstum von Ranken (ebd. 1.139) behandelt, bei Wurzeln wurde es eher nebensächlich erwähnt (ebd. 1.148–153), ebenso bei parasitären Pflanzen (ebd. 1.140–144). Auch die Beobachtungen von Knospen, Blüten und Samen wurden bereits in der *Idea* im Zusammenhang mit der Fortpflanzung der Pflanzen erwähnt (ebd. 1.5, 7–10). Der erste Teil der *Anatome* umfasste dementsprechend detaillierte Beobachtungen zu den einzelnen Teilen der Blüte und Schlussfolgerungen bezüglich ihrer jeweiligen Funktion bei der Fortpflanzung (ebd. 1.68–70, 77, 85–87). Die Entwicklung der Samen und der in ihnen enthaltenen Keimlinge beschrieb Malpighi zunächst in zwei Stadien: in der Entstehung an der Pflanze (ebd. 1.71–77) und losgelöst von ihr (ebd. 1.87–93). Im zweiten Teil kam mit den eingepflanzten Samen ein drittes Stadium hinzu, in dem zudem auch mit dem Wachstum experimentiert werden konnte (ebd. 1.97–112). Das Problem „samenloser“ Pflanzen wurde nur noch im Zusammenhang mit parasitären Pflanzen erwähnt (ebd. 1.140–144).

⁹¹„Rerum natura tenebris obvoluta, cum solo analogismo pateat, tota percurranda venit, ut mediantibus simplicioribus machinis, in sensum facilius occurrentibus, implicatiores retexamus. [...] Etenim, fervente aetatis calore, Anatomica aggressus, licet circa peculiarera fuerim sollicitus, ut in *perfectioribus* tamen haec rimari sum ausus. Verum, cum haec propriis involuta tenebris obscura jaceant, simplicium analogismo egent; unde *Insectorum* indago illico arsisit; quae cum & ipsa suas habeat difficultates ad *Plantarum* perquisitionem animum *postremo* adjeci, ut diu hoc lustrato mundo, gressu retroacto, Vegetantis Naturae gradu, ad prima studia iter mihi aperirem. Sed nec fortè hoc ipsum sufficit, cum simplicior *Mineralium Elementorumque* mundus praere debeat“ (Malpighi 1687, 1.1–2). Die Kenntnis zumindest einiger Schriften Descartes' ist durch den Briefwechsel mit Borelli belegt, der Malpighi im März 1664 für seine ihm deplaziert erscheinende Wertschätzung für diesen tadelte. Eine Zusammenfassung von Hookes *Micrographia* erhielt Malpighi hingegen erst 1671 (Adelmann 1966, 1.177, 217, 236–237, 364–367).

⁹²Zur Publikationsgeschichte und den Textfassungen siehe LeFanu (1990).

lieferte Grew, ähnlich wie Malpighi in dessen *Idea*, einen groben Überblick und erste Ergebnisse seiner Beobachtungen, die sich vor allem auf das Wachstum der Pflanzen konzentrierten. Die Untersuchungen waren also wiederum auf eine Entwicklungsgeschichte ausgerichtet.⁹³ Mit einer eigenen *Idea of a Philosophical History of Plants* legte er jedoch bereits im nächsten Jahr ein anderes Konzept vor, das eine merkliche Ausweitung der Forschungsfragen und nun auch von seiner Seite eine explizite Distanzierung von der naturhistorischen Tradition beinhaltete. Als Alternative wurde ein stärker naturphilosophisch ausgerichtetes Vorgehen erörtert: Neben der bereits im Groben skizzierten Entwicklungsgeschichte sollten die Prozesse innerhalb der Pflanzen und die Eigenschaften der in ihnen enthaltenen Stoffe untersucht werden. Zudem sollte das praktische Wissen über Pflanzen für die Bereiche Landwirtschaft, Mechanik und Medizin vergrößert werden, aber auch eine *neue* Systematik der Pflanzen aufgestellt werden.⁹⁴

Die in der Folgezeit ausgearbeiteten Studien folgten diesem neuen Konzept aber nur bedingt: Die Texte maßen den neuen Fragestellungen letztlich wenig Bedeutung bei, sondern stellten weiterhin die auf Anatomie und Wachstum ausgerichtete Untersuchung einzelner Pflanzenteile in den Mittelpunkt. Einige der neuen Themen wurden sogar überhaupt nie wieder erwähnt, dafür kamen andere Fragen hinzu, die jedoch wiederum hinter die ursprünglichen Ziele Grews zurückgestellt wurden: So schlossen sich in der *Anatomy of Roots* (1672/1673) an einen deskriptiven Teil erneut Überlegungen zu Wachstum, Ernährung, Funktionen der inneren Strukturen an, die diesmal allerdings enger miteinander verwoben wurden. Die gleichen Themen finden sich auch in der *Anatomy of Trunks* (1673/1674) und der *Anatomy of Leaves, Flowers, Fruits and Seeds* (1676/1677).⁹⁵ Den neueren Themen räumte Grew hingegen nur jeweils in einer der Schriften Raum ein: Im Zusammenhang mit den Wurzeln widmete er sich einer Untersuchung der Pflanzensäfte, im Anschluss an die Untersuchung der Stämme finden sich Ausführungen zur Stabilität von Holz, und aufbauend auf die Studien an Blättern und Blüten folgt zumindest der Versuch, Prinzipien für eine neue Systematik der Pflanzen aufzustellen.⁹⁶ Die Entwicklung eines neuen kontextuellen Rahmens anstelle traditioneller naturhistorischer Konzepte war also dem Anschein nach

⁹³Dies deutet zum einen bereits der volle Titel an: *An Anatomy of Plants Begun with a General Account of Vegetation founded thereupon* (Grew 1682, 1). Zum anderen ist Wachstum das Hauptthema der ersten vier Kapitel (ebd. 6–10, 14–18, 22–28, 28–29). In den Kapiteln V und VI geht es dagegen vor allem um die Funktionen der Blütenteile und der Früchte (ebd. 35, 37, 39–40, 44–45), während im siebten Kapitel vor allem die Zeugung (*generation*) der Pflanze in Abgrenzung zu ihrem Wachstum (*vegetation*) thematisiert wird (ebd. 45–46).

⁹⁴Nach einleitendem Lob neuerer Forschung bemängelte Grew fehlende oder ungenaue Informationen zu den Wirkungen verschiedener Pflanzen, unzureichende Beschreibungen, sowie eine ungenügende Systematik und verworrene Namen (Grew 1682, *Idea*, 2). Dass Grew mit seinen eigenen Untersuchungen auch naturphilosophische Ziele verfolgte, macht besonders folgende Äußerung deutlich: „So also the consideration of the *Colours, Smells and Tastes of Vegetables*, may conduce to the Knowledge of the same *Qualities* in General; or of what it is, that constitutes them such, in any other Body: not as they are *actually* received by *Sense*; but so far, as much *Materials* or external *Circumstances*, are requisite to their becoming the *Adequate Objects* thereof“ (ebd. 4). Aber auch an anderen Stellen wird das Wissen um Prinzipien, Ursachen, Qualitäten und Fakultäten in den Vordergrund gestellt (ebd. 4–5, 8, 10, 12–13, 15, 18, 21, 23). Zu den praktischen Zielen und der neuen Systematik siehe ebd. (3–5). Die Zirkulation von Saft war bereits 1671 von Grew erwähnt worden (Grew 1682, 17–18, 23–26).

⁹⁵Während es diesbezüglich in der *Anatomy of Roots* und der *Anatomy of Trunks* einen getrennten Textabschnitt gab (Grew 1682, 81–92, 123–137), wurden diese Fragen in der *Anatomy of Leaves...* jeweils am Ende der einzelnen Kapitel behandelt. Zu den Funktionen einzelner Teile siehe dementsprechend ebd. (150–156, 170–173, 189–190, 203–208), zum Wachstum ebd. (156–160, 173–174, 191–192, 209–212).

⁹⁶Für diese Themen scheinen jedoch mikroskopische Beobachtungen keine Rolle gespielt zu haben, zumindest werden sie nicht erwähnt (Grew 1682, 92–96, 137–140, 174–176). Dies gilt auch für einige der ebenfalls 1676/1677 entstandenen *Lectures*, welche sich zum Teil bemühten allgemeine Aussagen über die stofflichen Eigenschaften von

am spezifischen Verlauf der Beobachtungen selbst gescheitert, auch wenn ironischerweise gerade deren Eigendynamik ein derartiges Vorhaben zuerst als sinnvoll hatte erscheinen lassen. Gerade in der Nicht-Ausführung dieser Ideen zeigt sich also, wie stark konzeptionelle Überlegungen im Fall der Mikroskopie den Beobachtungen untergeordnet waren: Sowohl die traditionellen, naturhistorischen Konzepte als auch die neuen, eigenen Pläne schienen schließlich unbrauchbar für das Studium der Pflanzen.

Ähnlich wie Grew seine mikroskopischen Beobachtungen auf Pflanzen spezialisiert hatte, konzentrierten sich die Untersuchungen von Jan Swammerdam in erster Linie auf Insekten. Obwohl Swammerdam ein Medizinstudium absolviert hatte, standen diese Beobachtungen zunächst in einem klar naturhistorisch geprägten Kontext. Dies wird vor allem daran deutlich, dass der Schwerpunkt seiner *Historia insectorum generalis* (1669) darauf lag, eine neue Systematik für Insekten vorzustellen, welche auf den Unterschieden basierte, welche Insekten im Ablauf ihrer Metamorphose aufwiesen.⁹⁷ Bei den Untersuchungen hierfür hatte er jedoch kaum auf mikroskopische Beobachtungen zurückgegriffen. Diese erhielten erst einen größeren Stellenwert, als Swammerdam ein Exemplar von Malpighis *De bombyce* erhielt und versuchte die darin enthaltenen Beobachtungen zu reproduzieren. Bemerkenswerterweise hielten dadurch nicht nur mikro-anatomische Techniken Einzug in Swammerdams Forschung, sondern auch die Beobachtungen selbst wurden in einen ähnlich heterogenen Kontext gestellt, wie er von Malpighi bereits bekannt ist. Die ersten Ergebnisse dieser neuen Studien wurden im *Miraculum naturae* (1672) veröffentlicht, das sich in erster Linie dem Prioritätsstreit mit Reinier de Graaf um die Entdeckung der Eier in den Ovaria von Säugetieren widmete. Dementsprechend konzentrierten sich auch die Beobachtungen der Insekten einerseits auf ihre Fortpflanzung und Metamorphose, andererseits waren sie über Analogien mit Fragen der Anatomie anderer Lebewesen verbunden.⁹⁸ Im Anschluss verfasste Swammerdam mit seiner *Ephemeris Vita* (1675) ebenfalls eine ausführliche Entwicklungsgeschichte, die sich auf ein einzelnes Insekt (die Eintagsfliege) konzentrierte, während andere Insekten nur in Vergleichen erwähnt wurden.⁹⁹

Trotz dieser Annäherung an Malpighi und der damit einhergehenden wachsenden Distanz zur Naturgeschichte, blieben Swammerdams vier Ordnungen der Metamorphose von seinen Beobachtungen größtenteils unbeeinflusst: Auch sein Spätwerk, die *Bybel der natuure* (1737/1738), welche aufgrund einer religiösen Krise und der darauf folgenden Umstellung seines Lebens erst lange nach seinem Tod veröffentlicht wurde, war erstens erneut nach diesem Schema untergliedert, wobei auch die Zuordnung der einzelnen Insekten zu den jeweiligen Ordnungen kaum verändert wurde. Zweitens beschäftigten sich die Untersuchungen, die in den einzelnen Kapitel geschildert wurden, zwar detaillierter mit einzelnen Insekten, diese waren jedoch zumeist schon in der *Historia* beschrieben worden.¹⁰⁰ Auffällig ist ferner, dass die Untersuchung von Insekten, die scheinbar spontan aus Pflanzen oder

Pflanzen zu treffen (ebd. 233–236, 238–242, 255–260, 261–268, 269–278, 279–283, 290–292, 292–293), jedoch wiederum kaum mikroskopische Beobachtungen enthielten.

⁹⁷Einige Insekten konnten jedoch vorerst keinem dieser Typen zugeordnet werden (Swammerdam 1669, 165–168).

⁹⁸Swammerdam (1672, 16–18), Ruestow (1996, 110–113), Cobb (2002, 122–123, 126–127).

⁹⁹Dabei spielten vor allem die Bienen (Swammerdam 1675, 18, 29, 36, 78, 108, 118, 120, 176, 178), die Swammerdam bereits seit einiger Zeit besonders eindringlich erforschte (Ruestow 1996, 110, 113–116, 121) und der Seidenspinner (Swammerdam 1675, 27, 34, 78, 80, 81, 87–88, 175) herausragende Rollen. Malpighis Arbeit wurde in diesem Zusammenhang allerdings nur kurz erwähnt (ebd. 88).

¹⁰⁰Der Skorpion, der zuvor ohne Zuordnung blieb (Swammerdam 1669, 167–168) wechselte nun in die erste Ordnung (Swammerdam 1737–1738, 1.92–96), zu der auch zwei Schnecken gezählt wurden (ebd. 1.97–194, 194–208). Zur zweiten Ordnung kam ein Stachelkäfer hinzu (ebd. 1.220–228). Die Beobachtungen der Milbe, die zuvor zur

anderen Stoffen gezeugt wurden, nicht in diese Ordnungen eingegliedert, sondern am Ende der Abhandlung angefügt wurden.¹⁰¹

Auch wenn Swammerdam also seine Beobachtungen ebenfalls in einen heterogenen Kontext stellte, war dieser doch keine bloße Kopie der Ideen Malpighis, sondern wiederum ein Ergebnis des individuellen Spannungsfeldes der verschiedenen Einflüsse, in denen er sich befand, sowie seiner eigenen bisherigen Arbeit. Dies und die Spezialisierung der Untersuchungen deuten wiederum daraufhin, dass es sich bei den Veränderungen der Kontextualisierung von mikroskopischen Beobachtungen, größtenteils um eine direkte Folge der Auseinandersetzung mit den Objekten und einer aus ihr resultierenden Eigendynamik der Beobachtungen handelte.

2.2.6 Analogien, Kritik und neue Objekte

Die Tendenz dazu, sich beim Beobachten auf bestimmte Objekte zu spezialisieren, hatte auf die weitschweifigen Untersuchungen Leeuwenhoeks scheinbar keinen Einfluss. Entsprechend seiner stark eingeschränkten, in erster Linie kritischen Kenntnisnahme traditioneller oder zeitgenössischer Literatur zur Mikroskopie und Naturgeschichte wurde die Frage der Systematisierung, die bei Malpighi oder Grew zumindest noch als relevantes Problem thematisiert worden war, bei Leeuwenhoek nicht einmal mehr erwähnt. Stattdessen zeugen seine Briefe erneut von einer sehr individuellen Mischung naturhistorischer und -philosophischer Elemente, in der Naturprozesse nach Möglichkeit auf eine einheitliche Form reduziert wurden, während in den Beschreibungen durchaus die Details des Einzelalles betont wurden. Hinsichtlich der Anatomie der Insekten konzentrierten sich seine Beobachtungen zumeist auf einige Details, die er zwar des öfteren in explizitem Widerspruch zu anderen Forschern darlegte, die jedoch in vielen Fällen schon vorher Thema seiner eigenen Untersuchungen gewesen waren: Bereits in seinem ersten Brief (1673) hatte Leeuwenhoek Stachel, Kopf und Augen einer Biene sowie Stachel, Kopf und Beine einer Laus beschrieben. Neue Darstellungen des Läusebeines folgten im Februar 1675 als Kritik an entsprechenden Darstellungen bei Redi und im August 1687 als Reaktion auf Illustrationen von Griendel, im Dezember 1693 wurde dann der Kopf erneut abgebildet, nachdem weitere fehlerhafte Darstellungen bekannt geworden waren.¹⁰² Den Mückenstachel, dessen Abbildung bei Swammerdam er im August 1688 bemängelte, scheint Leeuwenhoek hingegen schon vor dem August 1673 beobachtet zu haben, allerdings hatte er ihn nicht im Detail

ersten Ordnung gezählt wurde (Swammerdam 1669, 71–72), wurden ganz aus dem Schema ausgegliedert (Swammerdam 1737–1738, 2.695–722).

¹⁰¹Nachdem der *Acarus* erneut als Beispiel der ersten Ordnung genannt worden war, folgte nach den Ausführungen zur vierten Ordnung eine längere Abhandlung über Milben, in der vor allem die vermeintliche Zeugung aus Käse hinterfragt wurde (Swammerdam 1737–1738, 1.57; 2.695–722). Daran schlossen sich wiederum verschiedene Untersuchungen zur Entstehung von Insekten aus Pflanzengallen an (ebd. 2.723–788). Von den hier untersuchten Insekten war zumindest ein an Weiden zu findender Käfer (ebd. 2.743–747) bereits in der *Historia* erwähnt worden, wo er zur dritten Ordnung gehört hatte (Swammerdam 1669, 127). Weitere, dem Haupttext der *Bybel* nachgestellte Untersuchungen umfassten die Metamorphose und Anatomie von Fröschen (Swammerdam 1737–1738, 2.789–860), die Anatomie des Tintenfisches (ebd. 2.876–902), der Meeresschnecke (ebd. 2.902–906) und des Meeresfarns (ebd. 2.906–910). Auf den Gesamttext bezogen wurden diese Abschnitte zumindest zum Teil durch allgemeinere Überlegungen zu den Prinzipien der Fortpflanzung ergänzt (ebd. 2.861–875).

¹⁰²Leeuwenhoek (1939–1999, 1.32–35, 272; 7.36–39; 9.290).

beschrieben oder dargestellt.¹⁰³ Ebenso beschrieb er die „Federn“, die er auf den Flügeln von Schmetterlingen gefunden hatte erst, als ihm Christiaan Huygens 1678 über seinen Vater mitteilte, dass er auf diesen einen besonderen „Staub“ entdeckt hatte.¹⁰⁴ Dagegen hatte Leeuwenhoek im Zusammenhang mit einer allgemeinen Kritik an den Darstellungen von Insektenaugen 1694 scheinbar vergessen, dass er bereits eine Beschreibung des Bienenauges angefertigt hatte, denn er bezog sich stattdessen auf Libelle, Fliege, Mücke und Ameise.¹⁰⁵ Diese Beispiele zeigen einerseits, wie stark die Beobachtungen auf Einzelobjekte fokussiert waren. Zwar wurden über Analogien und Vergleiche ständig auch Verbindungen zu anderen Objekten hergestellt, von einer Systematisierung der Gegenstände war dies aber weit entfernt. Andererseits wird klar, dass Leeuwenhoeks Beobachtungen im Vergleich zu Malpighi, Grew oder Swammerdam zumeist keiner längerfristigen Planung folgten, sondern eher von momentanen Ereignissen abhingen.

Ähnliches kann auch für Leeuwenhoeks Untersuchung zur Fortpflanzung von Insekten festgesellt werden: Direkte Bezüge auf die Forschung anderer finden sich zum einen erst verhältnismäßig spät, zum anderen waren diese auch dann kaum echte Impulsgeber für neue Beobachtungen.¹⁰⁶ Ausnahmen waren diesbezüglich nur die Wiederaufnahme der Beobachtungen von Muscheln als Reaktion auf die spontanistischen Ausführungen von Filippo Buo-

¹⁰³Leeuwenhoek (1939–1999, 1.46; 7.344–355). Die Struktur des Mückenstachels war 1673 als Entsprechung zum Bienestachel erwähnt worden, ohne dass darauf 1688 (als er mit dem Stachel einer Pferdebremse verglichen wurde) Bezug genommen wurde. Leeuwenhoek datierte diese Beobachtungen sogar auf 1671 (ebd. 1.44).

¹⁰⁴Huygens schrieb im November 1678 an seinen Bruder: „Une chose inanimee qui est belle a voir c’est la poussiere qui est sur les ailes de grands papillons, lors qu’elle en est detachée. J’en ay veu de ces differentes formes, mais elles sont outre cela ouvreees et rayées a merveille“ (Huygens 1888–1950, 8.125). Zur Weiterleitung des Briefes siehe ebd. (8.139). Leeuwenhoek antwortete: „Dit heb ick doorgaens veeren vande vleugels vande Cappellen genoemt, en mogen oock mijns oordeels met recht veeren genoemt worden, want sij beslaen het Hoornachtigh Vlies daer uijt de vleugels vande Cappellen bestaen, in soo netten ordre als de veeren de lichamen van het gevogelte doen, want soo wel als ijder veertge versien is met een schaft die inde Huijt vande vogel vast is, soo is insgelijcx ijder van dese Capel-vleugels-veeren, mede met een schaft versien [...]“ — „I have always called this the feathers on the wings of butterflies and in my opinion we are justified in calling them feathers for they cover the horny membrane of which the wings of butterflies are composed as neatly as the feathers of a bird cover its body. For just as every feather has a shaft fixed in the bird’s skin, so also every one of the feathers on a butterfly’s wing has a shaft, fixed in the above-mentioned horny membrane [...]“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.404–405). Hooke (1665, 196) und Malpighi (1687, 2.36) sprachen in ähnlichen Fällen ebenfalls von „Federn“. Leeuwenhoek beschäftigte sich später auch mit den Federn von Vögeln (Leeuwenhoek 1939–1999, 9.70–79) und benutzte auch in späteren Insekten-Beobachtungen weiter diesen Begriff (ebd. 8.284, 302; 9.50–67; 14.124–131).

¹⁰⁵Leeuwenhoek (1939–1999, 1.32; 10.124–129). Er kehrte bereits im November desselben Jahres zu den Libellenaugen zurück; diesmal in einer vergleichenden Untersuchung, die auch die Augen von Krabben, Hummern und Schrimps umfasste (ebd. 10.154–161). Neben den Darstellungen kritisierte er zudem die immer noch verbreitete Ansicht, einige Insekten hätten keine Augen (ebd. 10.128–131). Die Hinweise auf Anfragen zu diesem Thema sind spärlich gesät und erwähnen nicht deren Urheber (ebd. 10.156; 12.218). Insektenaugen fanden darüber hinaus ab dem Oktober 1676 auch Erwähnung als Vergleichsobjekte für die Größenbestimmung von *Animalcula* (ebd. z.B. 2.72, 89).

¹⁰⁶Im April 1692 zitierte Leeuwenhoek (1939–1999, 9.256) aus der niederländischen Fassung von Kirchers *Mundus subterraneus* einen Abschnitt zur *Generatio spontanea* des Flohs; seine eigenen Beobachtungen diesbezüglich waren jedoch durch Bitten Pieter Rabus’ angeregt worden (s.u. S. 50, Fn.). Aus dem gleichen Werk und John Jonstons *Beschrijving van de natuur* zitierte er im Februar 1696 bezüglich der Zeugung von Läusen, während die Untersuchungen selbst aber als Fortsetzung seiner Beobachtungen an Blattläusen zu verstehen sind (Leeuwenhoek 1939–1999, 11.178, 208–213). Ein weiterer Verweis im Juli desselben Jahres (ebd. 11.314–317), der Beobachtungen von Milben mit der angeblichen Zeugung von Läusen aus Feigen kontrastiert, lässt sich ebenfalls zu Kircher (1665, 2.371) zurückverfolgen und ist deutlich als Seitenhieb zu erkennen, der keinen Bezug zur Motivation der Beobachtungen hatte. Diese lag wahrscheinlich in alltäglichen Begebenheiten (s.u. S. 92–94). Auch seine Erwähnungen von Aristoteles gehen in die gleiche Richtung (ebd. 10.130, 251).

nanni und die Untersuchung zur Fortpflanzung von Bienen nach der Lektüre eines Buches über den Garten von Rosendaal bei Arnhem.¹⁰⁷ Auch bei diesen ursprünglich eher naturhistorischen Themen verlief jedoch der Großteil der Beobachtungen eng an den Objekten und beinhaltete als einen zentralen Teil ihre Verbindung über Analogien: Auf die ausgiebige Beschäftigung mit der Frage, ob die von ihm entdeckten mikroskopischen Lebewesen spontan erzeugt werden würden, folgten im Oktober 1677 Beobachtungen an Flöhen, Läusen und Aalen, die explizit zum Ziel hatten, diese vermeintlichen Fälle von *Generatio spontanea* zu widerlegen.¹⁰⁸ Eine ähnliche angelegte Reihe von Untersuchungen folgte 1680, nachdem Leeuwenhoek in der menschlichen Samenflüssigkeit besondere Animalcula entdeckt hatte, die schon bald zentraler Bestandteil seiner eigenen Fortpflanzungstheorie werden sollten. Neben Insekten wurden nun auch Muscheln untersucht.¹⁰⁹ Auch für die Beobachtungen des Kornkäfers gab Leeuwenhoek 1687 dessen angebliche spontane Zeugung als Anlass an, wobei ein Nachtrag sogar nahe legt, dass hier konkret die Verbreitung dieser Ansicht bei den Bäckern und Händlern in seiner Heimatstadt Delft eine Rolle spielte.¹¹⁰

Während sich Leeuwenhoek für seine Beobachtungen hinsichtlich der Fortpflanzung von Lebewesen also wiederum kaum auf andere Forscher bezogen hatte, wurden seine eigenen Untersuchungen und Überlegungen nun zunehmend zum Gegenstand der Diskussion, wodurch sich einerseits der Abstand zwischen ihm und anderen Forschern eher vergrößerte, andererseits aber auch neue Beobachtungen angeregt wurden: So wird eine Vielzahl von spöttischen Bitten oder Herausforderungen angesichts seiner Opposition zur *Generatio spontanea* erwähnt, deren Urheber in der Regel aber nicht namentlich genannt wurden.¹¹¹ John Hoskins und andere Fellows der Royal Society versuchten hingegen ab 1685, Leeuwenhoek zumindest zu einer Relativierung seiner eigenen Theorie zu bringen, indem sie beispielsweise die Untersuchung der Eier des Seidenspinners vorschlugen. Dies schlug letzt-

¹⁰⁷Über den Erhalt einer Zusammenfassung von Buonannis *Observationes circa viventia* (1691) berichtete Leeuwenhoek (1939–1999, 10.28–31) im März 1694. Bereits im April schickte er dann seine eigenen Beobachtungen (ebd. 10.90–137; bes. 96–99, 112–117). Im Gegensatz zu 1680 (ebd. 3.208–213) konzentrierte er sich nun aber bemerkenswerterweise auf die Ovaria und Eier der Muscheln, während sich zuvor und in späteren Studien sein Interesse vor allem auf die Samen-Animalcula richtete. Über Fortpflanzung der Bienen schrieb Leeuwenhoek 1700 nachdem er sich zuletzt 1673 mit ihnen befasst hatte (ebd. 13.116–129).

¹⁰⁸„Het gemeene seggen alhier is dat Ael en Palingh, uijt een bedervinge in stinckende poelen en slooten voort gebracht worden; Andere seggen weder dat den dauw inde maent van Meij de Palingh en ael voortbrengt. [...] Dit siende nam ick in gedachten, dat Ael, en Palingh, weder Ael en Palingh voortbrachten.“ — „It is a common saying here that eels are produced by corruption in stinking pools and ditches; others again maintain that they are produced by dew in the month of May [...] Seeing this I imagined that eels gave life to eels“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.240–243). Ähnlich strukturierte, aber detailliertere Bemerkungen finden sich in einem Brief vom September 1692 als Einleitung zu einer weiteren Untersuchung (ebd. 9.140–145, 164). Über den Rogen verschiedener Fische hatte Leeuwenhoek bereits ab dem Januar 1675 berichtet (ebd. 1.215, 273), also noch vor seinen ersten belegten Beobachtungen an Insekteneiern im November 1676 (erwähnt ebd. 2.244). Zu den Animalcula s.u. S. 108–114.

¹⁰⁹Beobachtungen von Muscheln finden sich in einem Brief vom April 1680 (Leeuwenhoek 1939–1999, 3.208–213). Im November folgten dann die Ergebnisse einer vergleichenden Untersuchung, durch die für Maikäfer, Libellen, Grashüpfer, Fliegen, Bremsen und Flöhe die Fortpflanzung mittels Samen-Animalcula nachgewiesen werden konnte (ebd. 3.314–329; s.a. Smit (1982, 180)). Mit Ausnahme des Flohs waren die anderen Insekten zuvor nicht erwähnt worden. Muscheln wurden im Laufe der Jahre noch mehrfach hinsichtlich ihrer Fortpflanzung untersucht, wobei sich die Perspektive zu ihrer Fortpflanzung mehrfach änderte (s.u. S. 114).

¹¹⁰Leeuwenhoek (1939–1999, 7.6, 8.184). Bezüglich der Rolle der Delfter in Leeuwenhoeks Forschung s.u. S. 92–94.

¹¹¹Leeuwenhoek (1939–1999, 8.184–187, 322, 324–329; 10.188; 12.38; 13.318/344–363; 14.48–51). Durch spätere Briefe ist jedoch das Interesse von Christiaan Huygens an der Fortpflanzung des Aales belegt, das scheinbar mit dafür sorgte, dass Leeuwenhoek sich über einen Zeitraum von mehreren Jahren hiermit beschäftigte (ebd. 9.178–181; 11.304–309).

endlich fehl, auch wenn sich Leeuwenhoek trotz der deutlich zu erkennenden kritischen Komponente dieser Anfrage und gewisser organisatorischer Probleme bis 1687 bemühte, die notwendigen Beobachtungen umzusetzen.¹¹² Näher mit Leeuwenhoek bekannte Korrespondenten scheinen dagegen unabhängig von derartigen Streitfragen vor allem auf eine kompetente Antwort gehofft zu haben, die ihnen etwa bei Problemen mit Schädlingen weiterhelfen könnte.¹¹³ In beiden Fällen sorgte die individuelle Situation Leeuwenhoeks dafür, dass seine Beobachtungen trotz einer gewissen thematischen Ähnlichkeit zu anderen zeitgenössischen mikroskopischen Untersuchungen, ganz klar weder in traditionelle noch aktuelle Kontexte eingebunden waren, noch sich ohne weiteres hätten einbinden lassen können.

Dieser große Abstand zur naturhistorischen Tradition und zu zeitgenössischen Entwicklungen lässt sich auch in Leeuwenhoeks Arbeiten zur Pflanzen-Anatomie erkennen. Zwar ist vereinzelt behauptet worden, dass sich in diesem Zusammenhang eine Inspiration durch Hooke nachweisen ließe, da Leeuwenhoek 1674 mit den Beobachtungen von Kork, Hollunderholz und dem Inneren eines Federkiels gleich drei Objekte aufgriff, die schon in der *Micrographia* beschrieben worden waren.¹¹⁴ Doch zum einen war dies nicht die erste Beobachtung von Leeuwenhoek zur Pflanzen-Anatomie, und zum anderen unterschieden sich die jeweiligen Rahmenbedingungen, in denen diese Objekte untersucht wurden, mehr als deutlich voneinander: Während Hooke die genannten Objekte vornehmlich im Vergleich zu Kork anführte, dessen spezifische Eigenschaften er erklären wollte, wurden sie bei Leeuwenhoek zur Illustration seiner Überlegungen zum Wachstum der Haut benutzt. Dass diese Analogie auch in späteren Beobachtungen als Motivation angeführt wurde, legt nahe, Leeuwenhoeks frühe Beobachtungen von Pflanzen generell als Teil einer breiter angelegten Untersuchung zum Wachstum von Lebewesen zu verstehen, die wiederum höchstens in einem Kontext aus individuellen Ansichten und Gegebenheiten eingebunden war.¹¹⁵

¹¹²Birch (1756–1757, 3.350; 4.217, 407); Leeuwenhoek (1939–1999, 5.268; 6.18, 312–331). Die Eier von Seidenspinnern waren bereits von Hooke (1665, 181–182) und Malpighi (1687, 2.8, 33–34, 39–42, 44–47) beschrieben worden. Diese Anfrage scheint zumindest kurzzeitig das Interesse Leeuwenhoeks an Eiern wiederbelebt zu haben, denn er erwähnt in diesem Zusammenhang noch weitere Beobachtungen an verschiedenen Insekteneiern (ebd. 6.331–341), dann folgten jedoch erst 1688 wieder Untersuchungen in dieser Richtung (ebd. 8.6–15). Ähnliche Anfragen kamen in den Folgejahren auch von Richard Waller und Hans Sloane (ebd. 9.349; 10.28; 13.151, 229).

¹¹³Der Gutsbesitzer und Diplomat Frederik Adriaan van Reede van Renswoude schickte 1695 im Zusammenhang mit Schädlingen in seinem Garten eine Raupe an Leeuwenhoek (1939–1999, 10.182). Bei Maarten Etienne van Velden, Professor für Mathematik und Philosophie in Louvain, waren Raupen in ein Zimmer eingedrungen (ebd. 10.262–265; 11.4–7), und der Delfter Bürgermeister Frederik Wolfert van Overschie brachte ihm unbekannte Eier, die er bei sich im Garten gefunden hatte, und die, wie sich 2 Jahre später herausstellte, die Eier von Schnecken waren (ebd. 12.180–189). Verschiedene Fragen ohne einen persönlichen Hintergrund kamen von Pieter Rabus (9.192–201, 210–255, 270–285, 296–311).

¹¹⁴Ford (2001, 30–32) geht diesbezüglich von einer Lektüre der *Micrographia* während eines Besuches in England aus und nennt als weiteres Beispiel die Verwendung eines einfachen Mikroskops, wie es ebenfalls von Hooke beschrieben worden war. Gegen letzteres spricht jedoch, dass diese Beschreibung, die im Gegensatz zum zusammengesetzten Mikroskop ohne Illustrationen auskommen musste, für Leeuwenhoek aufgrund seiner eingeschränkten Sprachkenntnisse kaum zugänglich gewesen sein dürfte (Berkel 1982, 189).

¹¹⁵Vgl. Hooke (1665, 112–116) und Leeuwenhoek (1939–1999, 1.112–115). Die ersten erhaltenen Beobachtungen von Pflanzen sind auf den August 1673 datiert und umfassten das Holz von Kiefer, Eiche und Esche (ebd. 1.46–53). Von diesen Hölzern wird bei Hooke (1665, 107) nur die Eiche erwähnt. Für weitere anatomische Analogien siehe ebd. (1.284–289; 3.148–151; 5.318–321; 6.28–33; 9.62, 80–83), für einen weiteren Vergleich zwischen Federkiel und Holz ebd. (9.70). Erste Bemerkungen zum Wachstum im Allgemeinen finden sich schon in den Beobachtungen zu Schimmel im ersten Brief an Oldenburg 1673 (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.30), darauf folgten in kurzen Abständen Beobachtungen und Überlegungen zum Wachstum von Stämmen, Wurzeln und Blättern (ebd. 1.50–

Auch bei der Frage der Fortpflanzung von Pflanzen spielten Analogien eine zunehmend wichtige Rolle: Von 1674 bis 1677 blieben Leeuwenhoeks Beobachtungen an Samen zum größten Teil deskriptiv, dann folgte eine deutliche Zäsur.¹¹⁶ Nachdem er die Idee entwickelt hatte, dass die *Animalcula* in der männlichen Samenflüssigkeit eine zentrale Rolle im Fortpflanzungsprozess spielten, stellte er sogleich eine Analogie zwischen ihnen und den Samen von Pflanzen auf und ließ 1685 schließlich Untersuchungen folgen, in denen beide Objekte in engem Zusammenhang miteinander studiert wurden. Von diesem Zeitpunkt an fielen die Beobachtungen der Pflanzensamen einerseits ungleich detaillierter aus als zuvor, andererseits wurden Analogien zur Fortpflanzung anderer Lebewesen fast zu einem zwingenden Bestandteil von Leeuwenhoeks Ausführungen.¹¹⁷

Ähnlich wie bei den Insekten waren Leeuwenhoeks Untersuchungen aber auch bei den Pflanzen zusätzlich dadurch geprägt, dass sie Kritik an fremden Beobachtungen übten: Nachdem die Weiterführung von Beobachtungen in diesem Bereich zunächst durch Anfragen von Henry Oldenburg, Thomas Gale, Constantijn Huygens, den Leidener Botaniker Paulus Hermans und Petrus Hotton angeregt worden war, wurde Leeuwenhoek schließlich von Constantijn Huygens auf die Arbeiten Grews hingewiesen und bat im April 1676 darum, seine eigene Beschreibung und Darstellung von Esche an diesen weiterzuleiten. In diesen wies er ausdrücklich darauf hin, dass in Grews Darstellung eine Art von Gefäßen fehle, die für die Zirkulation des Saftes notwendig sei. Letztlich konnte jedoch keiner der beiden den jeweils anderen überzeugen, und jeder blieb bei seinem eigenen Befund.¹¹⁸ Während es hier erneut eher die Abweichungen hinsichtlich bestimmter materieller Details waren, die es Leeuwenhoek verwehrten, Anschluss an die Forschung seiner Zeitgenossen zu suchen, brachten auch Anregungen in konzeptioneller Hinsicht keinen Erfolg in dieser Richtung: Auf eine Anfrage Oldenburgs zur Untersuchung von Pflanzensäften folgten ab 1675 nur sehr sporadische Beobachtungen, ebenso zu angrenzenden Fragen von Hooke oder Hotton.¹¹⁹ Gleichfalls wenig erfolgreich war der Austausch mit Richard Waller, der ihm Februar 1692 einen Abriss seiner eigenen Untersuchungen an Getreide schickte: Leeuwenhoeks Antwort fiel vergleichsweise kurz aus, auf eine weitere Nachricht Wallers im April 1693, reagierte er scheinbar überhaupt nicht.¹²⁰

In der Zwischenzeit wurde der Abstand zwischen Leeuwenhoek und anderen Forschern, die sich mit naturhistorisch relevanten Themen beschäftigten, auch dadurch vergrößert, dass in seinen Beobachtungen zunehmend Objekte eine Rolle spielten, die erst mit dem Mikroskop sichtbar wurden und deren Erforschung von vornherein abseits der Traditionen stand. Vor allem mikroskopische Lebewesen oder *Animalcula* (*diertgens*) tauchten unerwartet in Beobachtungen auf, die sich eigentlich mit ganz anderen Objekten beschäftigten und auf Fragestellungen aus verschiedenen Kontexten basierten: Zuerst

53, 274, 286; 2.34; 3.150–180, 212–215) aber auch zu Haaren, Nägeln, Haut, Augen, Perlen und Austernschalen (ebd. 1.66–69, 74–77, 112–115, 142, 280, 362–369; 2.348–351, 370–379, 386; 3.350–365, 402–405, 410–415).

¹¹⁶Leeuwenhoek (1939–1999, 1.192, 268, 278–281; 2.128–135, 226).

¹¹⁷Leeuwenhoek (1939–1999, 4.10–19; 5.208–211; 5.230–239, 246–255, 285–287; 6.105–111, 118–121; 10.228; 14.240–243).

¹¹⁸Trotz der Unterschiede zu Leeuwenhoek (1939–1999, 2.4–13, Fig. 3) nahm Grew (1682, Tab. 29) keine Änderungen an seiner Darstellung aus der Originalausgabe der *Comparative Anatomy of Trunks* (1675) vor (LeFanu 1990, 99), sondern vermutete Täuschungen und Artefakte in Leeuwenhoeks Beobachtungen, was diesen jedoch nicht überzeugen konnte (siehe Leeuwenhoek 1939–1999, 2.24–38, 164). Für die erwähnten Anfragen zur Pflanzen-Anatomie siehe ebd. (1.218–221, 281; 6.4, 88–91; 7.358–387; 9.80–107; 10.213; 15.24–42).

¹¹⁹Leeuwenhoek (1939–1999, 1.302–317, 350; 3.196, 212–215, 230–237; 15.24–43).

¹²⁰Leeuwenhoek (1939–1999, 8.336–339; 9.32–35, 186).

bemerkte Leeuwenhoek diese Lebewesen bei der Untersuchung eines verfärbten Sees 1674, also im weitesten Sinne in einem naturhistorischen Zusammenhang. Nach mehreren Ankündigungen folgten aber erst im Oktober 1676 ausführliche Beobachtungen, die allerdings Versuche mit einer Luftpumpe und Untersuchungen von Gewürzen als Ausgangspunkte hatten, also Themen die eher den Bereichen Naturphilosophie und Medizin zugeordnet worden wären.¹²¹

Aufgrund ihrer geringen Größe und ihres fremdartigen Aussehens sah Leeuwenhoek zunächst die Notwendigkeit, eine detaillierte Beschreibung der verschiedenen *Animalcula* anzufertigen, die er in verschiedenen Wässern und Gewürzinfusionen gefunden hatte. Eine den naturhistorischen Konventionen entsprechende Nomenklatur hätte hierfür erst erarbeitet werden müssen, und es ist sowohl fraglich, ob Leeuwenhoek überhaupt mit derartigen Systemen vertraut gewesen ist, als auch, ob ein derartiges Unternehmen zu diesem Zeitpunkt schon sinnvoll beziehungsweise überhaupt durchführbar gewesen wäre.¹²² Aber auch Zeichnungen, wie sie sonst seinen Briefen beilagen, fehlten in den ersten Jahren bemerkenswerterweise, so dass es nahe liegt anzunehmen, dass Leeuwenhoek angesichts der Fremdheit und Neuigkeit seiner Beobachtungen bewusst auf besonders einfache Mittel zurückgriff und es bei einer detaillierten sprachlichen Beschreibung beließ. Selbst auf eine provisorische Benennung wurde verzichtet, was mit sich brachte, dass Bezüge zwischen verschiedenen *Animalcula* nur unter erschwerten Bedingungen hergestellt werden konnten.¹²³ Ergänzt wurden diese Beschreibungen durch Berechnungen der Größe und Anzahl der *Animalcula*; also ei-

¹²¹ Leeuwenhoek (1939–1999, 1.164–166, 330, 346; 2.64, 90). Darüber hinaus sollten die in der Samenflüssigkeit gefundenen *Animalcula* für medizinische Fragen eine besondere Rolle spielen (s.u. S. 62–64).

¹²² Die zunächst deskriptive Natur seiner Beobachtungen der *Animalcula* wurde auch schon im ersten konkreteren Hinweis auf sie im Januar 1676 deutlich: „hier van heb ick verscheijde aenteijckeningen gedaen, soo van haer couleur, gedaente, de delen waer uijt haer lichaem is te samen gestelt, bewegingh, en schielijcke verbrijselingh van haer gantsche lichaem [...]“ — „I made several notes thereon, on their colour, shape, the parts that compose their bodies, their movements and the sudden disruption of the entire body [...]“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.346–347). Der Bericht vom Oktober 1676 bestand dann fast ausschließlich aus Beschreibungen. Die Beschreibung immer neuer *Animalcula*-Arten blieb auch später ein zentraler Bestandteil von Leeuwenhoeks Beobachtungen, eine Nomenklatur und Systematisierung für mikroskopische Lebensformen sollten allerdings erst Mitte des 18. Jahrhunderts von anderen Forschern in Angriff genommen werden. Für eine detaillierte Analyse dieses Zeitraumes siehe Ratcliff (2009, 177–215).

¹²³ Folgende Passage sei als Beispiel angeführt: „Den 6^e dito des smorgens de clock ontrent 6 uijren, heb ik een seer groote menigte, ja ongelooflijk veel uijstekende kleijne diertgens ontdekt die omme haer cleijnheijt geen figuer te geven sijn, als mede een seer groot getal van ronde diertgens, die in mijn oog wel agtmaal soo groot scheenen, als de eerste diertgens, die ik boven heb geseijt, daer ik geen figuer aen konde bekennen, dese ronde diertgens jmagineer ik mij meer als 50 mael cleijnder als het oog van een Luijs te sijn, en daer benefens een derde soort, die tweemaal soo lang als breed waren, en ontrent de langte hadde vande ronde diertgens. de vierde soort was de seer kleijne aeltgens [...] en als nu sag ik eenige, dog seer weijnige diertgens, die bij na de langte hadde van het oog van een Luijs, en was seer na in figuer, (maer veel kleijnder) als het diertge gelijk, dat ik hier vooren bij een stuk van een citroen schil heb vergeleken.“ — „On the 6th ditto, about 6 o'clock in the morning, I discovered a great many, nay incredibly many, exceedingly little animalcules to which, because of their smallness, no shape can be given and besides these a very great number of round animalcules, which to my eye seemed about eight times as big as the first animalcules, whose shape I have just said I could not make out. These round animalcules I imagine to be more than 50 times smaller than the eye of a louse. Besides these there was a third sort that were twice as long as broad, and which had about the length of the round animalcules. The forth sort was the very tiny eels [...] and now I saw also some (though very few) animalcules that had very nearly the length of the eye of a louse: in shape they were very much like (only much smaller) the little animals which I have above likened to a piece of lemon peel“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.112–113). Eigene Darstellungen von *Animalcula* finden sich in Leeuwenhoeks Korrespondenz erst im Juli 1683, wohlgermerkt im Zusammenhang mit der Untersuchung von Blut und Samen von Fröschen; beides Themen in denen sehr früh auf Darstellungen zurückgegriffen worden war (ebd. 4.76). Auch von den *Animalcula* in verschiedenen Samenflüssigkeiten gab es im ersten Brief im November

nen mathematischen Zugriff auf die Objekte, welcher aus einer naturhistorischen Perspektive heraus ebenfalls ungewöhnlich war.¹²⁴

Tatsächlich mussten sich Leeuwenhoeks Beobachtungen aufgrund der ungewöhnlichen Formen und Strukturen der *Animalcula* aber auch mit Fragen beschäftigen, die sich in ihrer Grundsätzlichkeit deutlich von den Untersuchungen seiner Zeitgenossen unterschieden. Einige seiner Korrespondenten bezweifelten nämlich, dass es sich bei ihnen wirklich um Lebewesen handelte. Dementsprechend zeigte sich Christiaan Huygens besonders an den zu beobachtenden Bewegungen interessiert, da diese auch das Vorhandensein von Organen nahelegten, wenn man entsprechende Analogien zuließ.¹²⁵ Auch Beobachtungen zur Vermehrung oder Verminderung der *Animalcula* im Verlauf der Zeit und ihre Reaktionen auf Veränderungen, die in ihrer Umgebung erzeugt wurden, beschäftigten sich letztlich mit der Frage nach ihrer Lebendigkeit.¹²⁶ Das Aufkommen derartiger Fragen macht erneut klar, dass sich Leeuwenhoeks Beobachtungen in einigen Fällen am Rande oder ganz außerhalb traditioneller disziplinärer Kontexte bewegten.

2.2.7 Zusammenfassung

Nachdem von Seiten naturhistorischer Forscher offenbar zunächst nur ein geringes Interesse an mikroskopischen Beobachtungen bestanden hatte, folgten schließlich erste Untersuchungen, welche jedoch auf einzelne Detailfragen beschränkt waren, die vornehmlich als Ergänzung des naturhistorischen Wissensbestandes beziehungsweise als Fortsetzung der Tradition mit neuen Mitteln verstanden wurden. Mit zunehmender Länge der Beobachtungen wurde das Verhältnis zwischen Tradition und neuen Beobachtungen jedoch immer stärker strapaziert, und die Forscher unterließen es zunehmend, ihre Untersuchungen auf die Naturgeschichte zu beziehen. Thematiken, die traditionell in den Kontext der Naturgeschichte gehörten, wurden also aus diesem gewissermaßen herausgelöst. In einer ganzen Reihe von unabhängigen Fällen entstand in Folge mithilfe von Perspektiven und Techniken aus anderen Bereichen ein neuer, eher heterogener Kontext für die Beobachtungen, der sich besonders dadurch von der naturhistorischen Tradition abhob, dass Objekte in ihm primär durch Ähnlichkeiten und Analogien zueinander in Bezug gesetzt wurden.

1677 keine Darstellungen, diese folgten aber schon im März 1678 nach der Anfrage zu weiteren Untersuchungen (ebd. 2.346).

¹²⁴Zu den Größenberechnungen und Extrapolationen der Anzahl siehe Leeuwenhoek (1939–1999, 1.160–163, 2.65–85, 252–255; 3.334–337) sowie die Überlegungen von Egerton (1968), der darin einen Vorläufer der Demographie sieht.

¹²⁵In den ersten ausführlichen Beschreibungen wurde sowohl auf erkennbare Beine (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.92, 102, 122, 144, 248) als auch auf deren scheinbares Fehlen (ebd. 2.98, 146) hingewiesen. Gegenüber Grew machte Leeuwenhoek später klar, dass diese jedoch angesichts der Bewegungen vorhanden sein *müssten*, auch wenn sie nicht zu beobachten wären (ebd. 2.390). Christiaan Huygens hatte (im Gegensatz zu Leeuwenhoek selbst) bei der Reproduktion der Beobachtungen die ersten Zeichnungen der neu entdeckten Lebewesen angefertigt und diese im Dezember 1676 nach Delft geschickt. Beim Vergleich mit den eigenen Beobachtungen erwähnte Leeuwenhoek u.a. die von Huygens nicht registrierten Beine (ebd. 2.398–403). Im Frühjahr beschäftigte er sich dann ausgehend von einer entsprechenden Nachfrage Huygens' gesondert mit den Bewegungen der *Animalcula* (ebd. 3.40, 46). Über bestimmte Bewegungen spekulierte Leeuwenhoek noch 1704 (ebd. 15.76–79).

¹²⁶Leeuwenhoek hatte zuerst bemerkt, dass die *Animalcula* in einer Infusion mit einer größeren Menge zerstampften Pfeffers starben (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.102). Später gab er versuchsweise Nelken, Essig oder Ingwer zu den Pfeffer-Infusionen hinzu, was ebenfalls den Tod der *Animalcula* zur Folge hatte (ebd. 2.106, 124; 3.192). Diese Herangehensweise findet sich auch bei den kurz darauf folgenden Untersuchungen der Samen-*Animalcula*, hier reichte allerdings schon Wasser um den Tod herbeizuführen (ebd. 2.362); s.u. S. 108–114.

In einer späteren Phase, in der wiederum Umfang und Länge der Untersuchungen merklich ausgedehnt wurden und die Beobachtungen stärker auf einzelne Objekte spezialisiert wurden, folgte dann sowohl inhaltlich als auch methodisch eine explizite Abwendung von der naturhistorischen Tradition. Während die Suche nach Analogien zwischen Objekten weiterhin ein zentrales Anliegen blieb, wurden nun auch verstärkt die Beobachtungen anderer Forscher, die mit den eigenen kritisch verglichen wurden, zum neuen Bezugspunkt. Allerdings wurde ein wirklicher Austausch zwischen den Forschern dadurch erschwert, wenn nicht sogar unmöglich gemacht, dass jeder von ihnen seine Beobachtungen den individuellen Einflüssen und Gegebenheiten entsprechend anders ausrichtete.

2.3 Medizin

2.3.1 Die neue Anatomie

Die Medizin unterschied sich als Kontext von der Naturphilosophie und der Naturgeschichte dadurch, dass sie eine institutionalisierte Disziplin darstellte, zu der auch eine geregelte Ausbildung in Form eines Universitätsstudiums gehörte. Zudem fiel hier die Verwendung des Mikroskops mit einem grundlegenden Wandel des Kontextes selbst zusammen, denn über Anleihen aus der Naturphilosophie entstand etwa zur gleichen Zeit ein neues Konzept von Anatomie, das weniger den Bezug zur medizinischen Praxis in den Vordergrund stellte, sondern eine auf Ursachen gerichtete Forschung vorsah.¹²⁷ Dementsprechend knüpften die Forscher, die selbst eine medizinische Ausbildung durchlaufen hatten, in ihren mikroskopischen Beobachtungen an eine der naturphilosophischen Schulen an, immer aber wurde Mikroskopie als eine neue, von traditionellen Vorgehensweisen abgegrenzte Methode präsentiert. Darüber hinaus lag vielen Beobachtungen die Idee zugrunde, dass in der Anatomie aller Lebewesen eine gewisse Uniformität bestünde und Beobachtungen an verschiedenen Objekten somit aufeinander übertragen werden könnten. In den späteren Phasen begannen sich dann diese Untersuchungen, wie bereits erwähnt, zunehmend mit den Thematiken zu überlappen, die ursprünglich dem naturhistorischen Bereich entstammten. Neue Themenfragen wurden vor allem von Außenseitern eingebracht, dann aber kaum von anderen Forschern aufgegriffen und weiterentwickelt. Ebenso blieben skeptische Äußerungen gegenüber mikro-anatomischen Beobachtungen in der Regel ohne weitreichende Auswirkungen.

William Harvey sollte entsprechend der Idee einer neuen Anatomie zum wichtigen thematischen Bezugspunkt der meisten Forscher werden, zumal er in seiner *Exercitatio de motu cordis et sanguinis in animalibus* (1628) schon Beobachtungen mit einem Mikroskop erwähnt hatte.¹²⁸ Diese hatten jedoch allenfalls die Funktion, seine Vivisektionen und Experimente zu ergänzen und zu verallgemeinern, und sie beschränkten sich auf eine sehr spezifische Forschungsfrage, die allerdings von vielen späteren Forschern aufgegriffen werden sollte: Ausgehend von der Idee einer nach Ursachen forschenden Anatomie, die er in Anlehnung an Aristoteles formuliert hatte, versuchte Harvey, Herz und Herzschlag in „fast allen

¹²⁷Zur Verbindung von Naturphilosophie und Medizin im 17. Jahrhundert siehe French (1994, 3–10).

¹²⁸Singer (1914, 273) nennt Pierre Borel als ersten Mikroskopiker mit medizinischem Hintergrund, Lüthy (1995, 463) erwähnt Harveys mikroskopische Beobachtungen ebenfalls nicht. Ausgehend von der persönlichen Bekanntschaft mit Francis Bacon und der Verwendung des Begriffes *perspicillum* bei beiden (vgl. die Zitate oben S. 22, Fn. und unten S. 55, Fn.) kann aber davon ausgegangen werden, dass es sich in Harveys Fall um ein ähnliches Instrument gehandelt haben dürfte, auch wenn Harvey mit Bacons wissenschaftstheoretischen Überlegungen nicht einverstanden war (French 1994, 181–182, 325–328).

Tieren“ nachzuweisen. Hierdurch sollte verdeutlicht werden, dass es sich beim Prozess des Blutkreislaufes um ein universelles Prinzip handelte, auch wenn dies einen Widerspruch zur Ansicht von Aristoteles mit sich brachte, dass nur größere Lebewesen überhaupt über ein Herz verfügen.¹²⁹

Ein weiteres, nicht minder einflussreiches Themengebiet folgte 1651 mit den *Exercitationes de generatione animalium*, in denen Harvey Untersuchungen an Hühnereiern beschrieb. Mithilfe des Mikroskops war es ihm hierbei gelungen, bereits am Ende des dritten Tages des Brütens erste Anzeichen von Leben zu erkennen: Ein Punkt, der rhythmisch auftauchte und verschwand, wurde von ihm per Analogieschluss als schlagendes Herz interpretiert, ferner wurde der gesamte Prozess der Formbildung als Ausprägung einer plastischen Kraft der Natur verstanden. Hierbei stellten entsprechende Beobachtungen bei Aristoteles, welcher dieses Phänomen ohne Mikroskop erst einige Stunden später erkennen konnte, für Harvey wiederum einen wichtigen Bezugspunkt dar.¹³⁰ Darüber hinaus berichtete Harvey mit Beug auf das Mikroskop nur noch davon, dass die sich bildenden Knochen des Foetus mit ihm ebenfalls schon früher sichtbar wurden.¹³¹

Beide Abhandlungen überschritten sich insofern, als das Herz in beiden eine zentrale Rolle einnahm. Sie glichen sich darüber hinaus aber auch darin, dass mittels des Mikroskops in erster Linie die *Anwesenheit* eines Organes nachgewiesen werden sollte: Scheinbar wurden weder die Herzen der verschiedenen Lebewesen, die Harvey untersucht hatte, hinsichtlich ihrer *Struktur* studiert, noch wurde der Foetus eingehender untersucht, sobald er eine Größe erreicht hatte, in der er auch mit bloßem Auge sichtbar war.¹³²

Nathaniel Highmore, der ebenfalls über einen medizinischen Hintergrund verfügte und zeitweise mit Harvey zusammengearbeitet hatte, veröffentlichte in seiner *History of Generation* ebenfalls 1651 Beobachtungen an Hühnereiern. Anders als bei seinem früheren Partner bildete jedoch statt des Aristotelismus der Atomismus, den Highmore über Boyle vermittelt bekommen hatte, den zentralen Bezugspunkt für seine Beobachtungen. Möglicherweise war dies die Ursache dafür, dass er ein größeres Interesse für Mikrostrukturen

¹²⁹ „Observavi quoque in omnibus pene animalibus cor vere inesse, & non solum (ut Aristot. dicit) in maioribus, & sanguineis, sed in minoribus, exanguibus, crustatis & testaceis quibusdam, ut limacibus, cochleis, conchis, astacis, gammaris, squillis, multisque aliis; imo vespis, & crabronibus muscis (ope perspicilli ad res minimas discernendas) in summitate illius particulae quae cauda dicitur, & vidi pulsans cor, & aliis videndum exhibui“ (Harvey 1628, 28); man beachte allerdings den positiven Verweis auf Aristoteles im vorangestellten Absatz. Diese erste Erwähnung mikroskopischer Beobachtungen findet sich am Ende des vierten Kapitels, das sich mit der Bewegung der Aurikeln beschäftigt. Das 17. Kapitel enthält insgesamt eher ergänzende Beobachtungen, welche das Konzept der Zirkulation bestätigen sollten. Hier werden zusätzlich auch das Fehlen von Herzen bei Muscheln, Zoophyten oder Plantanimalia sowie dessen Unvollkommenheit bei Schnecken, Mollusken und Schalentieren erwähnt. Hierbei wird hinsichtlich des Vorhandenseins eines Herzens bei allen Tieren, die über Blut verfügen, wiederum auf Aristoteles verwiesen (ebd. 64–65).

¹³⁰ „Vidimus secundum processum, sive praeparationem ovi ad foetum, que die tertio observanda venit. [...] De eo Aristoteles: Generationis indicia extare incipiunt in gallinis, post tres dies totidèmq; noctes. [...] Quarto itaque die si inspexeris, occurrit jam major *metamorphòsis*, & permutatio admirabilior [...] Jam enim colligamenti *limbus* lineà exili sanguineâ purpurascens rutilat; ejusque in centro ferè, punctum sanguineum saliens emicat; exiguum adeò, ut in suâ diastole, ceu minima ignis scintillula, effulgeat; & mox, in systole, visum prorsus effugiat, & dispareat. Tantillum nempe est vitae animalis exordium, quod tam inconspicuis initiis molitur plastica vis Naturae! Observationem hanc, si sub finem tertii diei experiri libuerit; adhibita summâ diligentia, & clarâ, magnaque luce, vel radiis solaribus adaptatis, aut perspicilli ope, discernere poteris“ (Harvey 1651, 49). Die Beobachtungen standen also auch in engem Zusammenhang mit seiner Forschung zum Blutkreislauf. In einem späteren Abschnitt argumentierte Harvey dafür, dass das Blut der als erstes erzeugte Teil des Körpers sei (ebd. 152–163).

¹³¹ Harvey (1651, 54, 62). Im ersten Fall wird erneut das bereits schlagende Herz erwähnt.

¹³² Dies war nach dem sechsten Tag der Fall (Harvey 1651, 62).

an den Tag legte und die Beschreibungen dementsprechend etwas detaillierter gestaltete.¹³³ Darüber hinaus glichen sich die Beobachtungen jedoch inhaltlich sehr: Wiederum wurde bei der Beobachtung des Wachstums ein Schwerpunkt auf die Entstehung des Herzens gelegt. Ferner wurde erneut vor allem die zeitliche Verschiebung der Sichtbarkeit mit und ohne Mikroskop hervorgehoben und die Verwendung des Instrumentes scheinbar eingestellt als der Foetus eine entsprechende Größe erreicht hatte. Allerdings unterschied sich Highmore insofern von Harvey, als er seine Untersuchungen in einen weniger direkten Zusammenhang mit naturphilosophischen Konzepten oder älteren Beobachtungsberichten stellte.¹³⁴

Beide Forscher hatten also, ausgehend von jeweils einer philosophischen Schule, Mikroskope verwendet, um die Beobachtungen, die sie im Kontext neuer anatomischer Forschung durchführten, auf Bereiche auszudehnen, die mit bloßem Auge nicht zugänglich waren, um somit zu zeigen, dass auch dort die gleichen Prinzipien galten wie im Sichtbaren.

2.3.2 Neue Themen

Athanasius Kircher verfügte, anders als Harvey oder Highmore, nicht über eine medizinische Ausbildung, griff aber im *Mundus subterraneus* (1665) Harveys Beobachtungen an Hühnereiern auf und legte dabei abermals ein besonderes Augenmerk auf die Entstehung von Herz und Blutgefäßen. Die zu beobachtenden Prozesse führte er ebenfalls auf eine plastische Kraft zurück, verzichtete aber darauf, einen expliziten Bezug zu einer bestimmten Naturphilosophie herzustellen. Kircher lieferte hier allerdings keine wirklich neuen Informationen, sondern stellte in Anschluss an die Beobachtungen stattdessen eine weitschweifige Analogie von den Hühnerembryonen zur Entstehung des Kosmos auf.¹³⁵ Eine neue Idee war hingegen die Anwendung des Mikroskops für die Untersuchung von Krankheiten: Bereits in der *Ars magna lucis et umbrae* (1646) hatte Kircher das Vorhandensein von Würmern im Blut von Fieberkranken als ein Beispiel für spontane Zeugung erwähnt und damit wiederum ein medizinisches Thema mit einem naturphilosophischen Erklärungsmodell verbunden.¹³⁶ Angesichts einer Pestepidemie in Rom wurde diese Beobachtung 1658 im *Scrutinium pestis* wieder aufgegriffen und durch Ausführungen zu verschiedenen Experimenten ergänzt, mittels deren gezeigt werden sollte, dass bei Fäulnis Würmer aus Samen in den betroffenen Stoffen entstünden, welche letztlich die Ursache für alle Krankheiten seien,

¹³³Zur Verbindung von Highmore, Harvey und Boyle siehe Lüthy (1995, 463–465). Ruestow (1996, 235–237) sieht die Unterschiede in den Beschreibungen beider Forscher vor allem in ihrer jeweiligen Erwartungshaltung begründet, die aus ihren unterschiedlichen Hintergründen folgen würde.

¹³⁴„Towards the latter end of the third day, you shall finde this Cicatricula to be all clear in the middle Circles [...] circumscribed by a larger resplendent Circle; environed with the outermost yellow round; in which, by the help of Glasses may be discovered the small vessels coming from this dissolved yellow matter, from every side to the middle of the white Circle, which by a Microscope appears now to be the Carina or back and neck of the Chick, and the heart in the midst of it [...] On the fourth day [...] appeared a red sparkling line encompassing the white spot, now red too, and moving: whose motion plainly shew, it was the heart; as afterwards I saw by the help of a Microscope, exactly shewing me the heart perfectly fashioned [...]“ (Highmore 1651, 69–71). Man beachte allerdings, wie zuvor zumindest davon gesprochen wurde, wie sich im Unsichtbaren die Atome des Kükens sammeln würden (ebd. 68). Die Verweise auf mikroskopische Beobachtungen enden wie bei Harvey am sechsten Tag: „The sixth dayes observation shews every part more distinctly, and what before even by the help of Glasses seemed but darkly adumbrated; now begin to confess themselves by their visible shapes and actions“ (Highmore 1651, 74).

¹³⁵Zusätzlich werden auch Beobachtungen an Floheiern erwähnt; wiederum mit besonderem Augenmerk für das Herz (Kircher 1665, 2.335–336, 371).

¹³⁶Kircher (1646, 834), s.o. S. 23–24.

da sie mit der Nahrung in den Körper aufgenommen würden.¹³⁷ Allerdings wurde dabei wie schon 1646 lediglich eine Beobachtung des Blutes „fieberkranker“ Arbeiter zugrunde gelegt, während weder zur Pest noch zu anderen Krankheiten entsprechende Untersuchungen erwähnt wurden. Statt einer im engeren Sinne empirischen Grundlage der Überlegungen, die Kircher im Textverlauf immer wieder in Anspruch nahm, handelte es sich also um eine sehr grobe Verallgemeinerung. Möglicherweise spielte auch dieser Faktor eine Rolle dabei, dass gerade das *Scrutinium* eines der Werke Kirchers war, bei denen die Zensoren der Jesuiten große Bedenken für die Veröffentlichung anmerkten.¹³⁸ Einerseits hatte Kircher also ein neues Thema für mikroskopische Beobachtungen gefunden, das klar einen medizinischen Bezug hatte, und dabei bemerkenswerterweise anders als diejenigen Zeitgenossen, die über einen entsprechenden fachlichen Hintergrund verfügten, *keinen* Bezug zu einer spezifischen naturphilosophischen Schule hergestellt. Andererseits waren die Analogien, die er an diese Beobachtungen anschloss, deutlich weitschweifiger und „freier“ als bei ihnen.

Pierre Borel, der auch auf dem Titelblatt seiner mikroskopischen *Centuria* den Titel eines Leibarztes des französischen Königs führte, griff Kirchers Ideen auf und erwähnte in Entsprechung zu den *Animalcula* im Blut von Fieberkranken auch ein „schneckenförmiges Insekt“ in der Samenflüssigkeit, die angeblich von einem Soldaten stammte, der an Gonorrhoe litt.¹³⁹ Zudem beschäftigten sich seine Beobachtungen auch mit Hautirritationen als Symptomen verschiedener Krankheiten. Einerseits waren den Beobachtungen zufolge auch diese Krankheiten auf die Präsenz mikroskopischer Lebewesen zurückzuführen. Andererseits bestand nun zumindest prinzipiell die Möglichkeit, mit einem Mikroskop früher als bisher Diagnosen zu stellen. Ähnlich praxisorientiert gaben sich auch die Untersuchungen von Stacheln, mit denen die menschliche Haut verletzt werden konnte, sowie von Quecksilber, das unter der Perspektive seiner Verwendung als Medikament untersucht wurde.¹⁴⁰

Hinsichtlich der Fragen von Zeugung und Blutkreislauf wiederholte Borel allerdings wiederum hauptsächlich das, was bereits von seinen Vorgängern gesagt worden war, vermischte dabei aber die entsprechenden Beobachtungen, die an Insekten vorgenommen wurden, mit naturhistorischen Inhalten.¹⁴¹ Neu war dagegen die Idee, die *Strukturen* einzelner Organe zu beschreiben, um deren Funktion besser zu verstehen, also wirklich Anatomie auf

¹³⁷Kircher (1658, 39, 42–45, 50–51), vgl. auch Kircher (1665, 2.370–371, 357). Wilson (1995, 155–158) legt nahe, dass Kircher durch eine Schrift von August Hauptmann beeinflusst wurde, in der eher beiläufig auf mikroskopische Beobachtungen verwiesen wurde (Hauptmann 1650, 15), übersieht dabei aber, dass Kircher bereits 1646 entsprechende Ideen formuliert hatte. Die von ihr geschilderten Entwicklungen in Bezug auf das Konzept eines *Contagium vivum* (Wilson 1995, 140–175, bes. 148–153), legen allerdings nahe, dass Kircher auch in diesem Fall in erster Linie gegen atomistische Überlegungen argumentieren wollte (vgl. o. S. 23–24).

¹³⁸„Sunt autem hi vermiculi pestis propagatores tam exigui, tam tenues & subtiles, ut omnem sensum captum eludant, nec non nisi exquisitissimo smicroscopio sub sensum cadant, atomos diceres [...] Rem autem aliter se non habere, ac dixi, me sanguis putridus febribus laborantium sat superque docuit [...]“ (Kircher 1658, 141; s.a. 39). Zur Zensur und Publikation des *Scrutiniums* siehe Baldwin (2004, 71–72) und Siebert (2004, 82–83).

¹³⁹„In Gonorrhoea virulenta militis, seu balano ejus, amicus meus observavit Insectulum limaciformem, sed ferè invisibilem [...]“ (Borel 1656a, *Centuria*, LIII; s.a. III). Man beachte auch die Erwähnung anderer durch Fäulnis erzeugter Würmer (ebd. I, II, XIV, LXXII) sowie die Erwähnung unsichtbarer, krankheitserzeugender *Animalcula* in der Luft mit Bezug auf Johann Heinrich Alsted (ebd. LXXIX; vgl. Wilson (1995, 154)). Auch in Borels Sammlung mit medizinischen Beobachtungen waren Würmer im Blut erwähnt worden (Borel 1656b, *Cent.* III, *Obs.* IV). Hier wurde jedoch, anders als Singer (1914, 273) behauptet, kein Mikroskop erwähnt. Vielmehr zeigt der fehlende Bezug zu Krankheiten oder Fäulnis, dass es sich um ein gänzlich anderes Phänomen gehandelt haben dürfte.

¹⁴⁰Hinsichtlich der möglichen praxisbezogenen Anwendungen des Mikroskops siehe Borel (1656a, *Centuria*, LIV, LXXXIII, LXXXIX, XCIV), bezüglich konkreter Krankheiten ebd. (XXX–XXXII, XCV).

¹⁴¹Die entsprechenden Beobachtungen bezogen sich entweder auf Insekten (Borel 1656a, *Centuria*, IX, XI) oder Eier (ebd. XVIII, XX), die auch in Analogie zu Pflanzensamen gesehen wurden (ebd. XLIV).

mikroskopischer Ebene zu betreiben. Die entsprechende Passage ist jedoch sehr kurz gehalten und reduziert letztlich Herz, Hoden, Leber und Lunge und alle weiteren Parenchymata auf die gleiche Struktur. Wie in anderen Fällen stellte Borel auch hier einen engen Bezug zwischen seinen Beobachtungen und dem Atomismus her: Die Strukturen in den einzelnen Organen bestünden in erster Linie aus Poren, die in ihrer Form den Atomen der einzelnen Körperflüssigkeiten entsprächen.¹⁴²

Anders als seine Vorgänger hatte Borel also zum einen den praktischen medizinischen Wert mikroskopischer Beobachtungen betont, zum anderen hatte er anders als Kircher, von dem er verschiedene Ideen übernommen hatte, wieder einen stärkeren Bezug zwischen Medizin und Naturphilosophie hergestellt.

2.3.3 Zweifel an mikro-anatomischen Strukturen

Obwohl Henry Power ebenfalls medizinisch ausgebildet war und Borels Schriften zumindest teilweise kannte, sah er in der menschlichen Anatomie oder der Diagnose von Krankheiten scheinbar keine lohnenswerten Beobachtungsthemen. Dies wird aus den Bemerkungen über Beobachtungen an Haaren deutlich, die Power in seiner *Experimental Philosophy* erwähnt: Einige Anatomen und vor allem Borel würden zwar berichten, dass sich die innere Höhlung der menschlichen Haare mit dem Mikroskop beobachten ließe, dies sei jedoch auch mit den besten Instrumenten keineswegs möglich. Vielmehr ließe sich dies lediglich aus Analogien zu den Beobachtungen von Pferdehaaren oder aus dem Bluten der Haare bei einer Erkrankung an *Plica Polonica* schlussfolgern.¹⁴³ Dennoch ähneln Powers Beobachtungen denen Borels insofern, als auch bei ihm Herz und Eier zentrale Momente der Untersuchungen von Insekten darstellten. Allerdings waren diese inzwischen so eng mit anderen Fragen verbunden, dass sie mehr als Erweiterung naturhistorisch geprägter Insekten-Beobachtungen erschienen.¹⁴⁴

Eine gewisse Skepsis gegenüber mikro-anatomischen Beobachtungen findet sich auch bei Hooke: Auch wenn er kein Mediziner war, stellte er doch seine Beobachtungen an Haaren in Zusammenhang mit der *Plica Polonica*. Allerdings zeigte Hooke dann auf, dass die Haare verschiedener Lebewesen mitnichten über die gleiche Struktur verfügten. Inwieweit solche Unterschiede sich auf Analogieschlüsse auswirken würden, wurde allerdings nicht weiter thematisiert.¹⁴⁵

¹⁴²„Cor, renes, testiculi, jecur, pulmo, aliaque corporis parenchymata, plexum esse organularum & Fibrarum videbis, seu cribra, quibus variae substantiae à natura secernuntur, juxta pororum figuras, quibus certis certae figurae tantu[m] atomis datur ingressus“ (Borel 1656a, *Centuria*, LXXVI). Dementsprechend merkte er auch an, dass sich in der Chyle Partikel fänden, welche dem Urin fehlten, weil sie durch Poren und Klappen in den Venen und anderswo herausgefiltert würden (ebd. LXXV). Für die Haut stellte er einerseits eine netzförmige Struktur fest (ebd. LXXXVIII), andererseits erwähnte er im Zusammenhang seiner Beobachtung von Haaren ihre durch letztere verdeckten Poren (ebd. XIII).

¹⁴³Borel (1656a, *Centuria*, XXIII) hatte jedoch (wie auch Kircher (1646, 834)) keinen expliziten Bezug zu einer Krankheit hergestellt. Dass sich auch in seinen medizinischen Beobachtungen (Borel 1656b) keine entsprechenden Beobachtungen finden, spricht dafür, dass Power (1664, 55–56) sich hier wirklich auf die mikroskopische *Centuria* bezog.

¹⁴⁴S.o. S. 39–40.

¹⁴⁵Hooke (1665, 157–158). Ein gewisses medizinisches Interesse mag man auch aus der Beobachtung von Mohn herauslesen (ebd. 154–155).

2.3.4 Malpighi: Ausweitung der mikroskopischen Anatomie

Nachdem die Neigung der Mediziner zu bestimmten philosophischen Schulen zunächst ein charakteristisches Merkmal für ihre mikroskopischen Beobachtungen dargestellt hatte, war die Entwicklung neuer Forschungsfragen vor allem durch den Außenseiter Kircher angestoßen worden, während die älteren Themen zunehmend ihren ursprünglichen Kontext verloren und mit naturhistorischen Untersuchungen verschmolzen. Ferner war der grundlegende Gedanke, die Funktion und Funktionsweise von Organen ausgehend von ihrer Mikrostruktur zu erschließen, zwar von Borel formuliert, jedoch vorerst nicht von anderen Forschern aufgegriffen worden.

Erst Marcello Malpighi machte die mikroskopische Anatomie über einen längeren Zeitraum zum hauptsächlichen Thema seiner Forschung. Dabei wurden die Beobachtungen nicht mehr auf die Konzepte einer einzelnen naturphilosophischen Schule bezogen, sondern standen nur noch in losem Bezug zu einer Mischung von Konzepten Gassendis, Galileis und Descartes', die zudem nur selten explizit oder in spezifischer Form hervorgehoben wurden.¹⁴⁶ Vielmehr charakterisierte Malpighi selbst seine Beobachtungen vor allem in Abgrenzung zum traditionellen Wissen der Medizin, aber auch mit einer gewissen Skepsis gegenüber der zeitgenössischen Forschung.¹⁴⁷ Ein zentraler Faktor für die Durchführung der Untersuchungen war dabei wiederum, dass Malpighi bis zu einem gewissen Grad eine Uniformität der Anatomie von Lebewesen voraussetzte und Beobachtungen an den Organen von sehr verschiedenen Tieren miteinander verband.¹⁴⁸

Die Funktionen der einzelnen Organe zu bestimmen war jedoch nicht immer ohne Probleme möglich: In seiner ersten Schrift, den zweiteiligen *De pulmonibus observationes anatomicae* (1661), sah sich Malpighi noch dazu gezwungen, seine eigenen Überlegungen, denen zufolge die Lunge zum Durchmischen des Blutes dienen sollte, an die Vorstellungen seines Mentors Borelli anzupassen, nachdem dieser zwar seine Beobachtungen gelobt, ihre Interpretation aber kritisiert hatte.¹⁴⁹ Hinsichtlich der Funktion der Fetthaut war sich Malpighi hingegen trotz umfangreicher Untersuchungen so unsicher, dass die entsprechende Abhandlung zunächst nur als anonyme Schrift an seine *Epistolae anatomicae* (1665) ange-

¹⁴⁶Meli (1997, 26–28); Meli (2011b, 44).

¹⁴⁷So schrieb Malpighi schon in den *De pulmonibus observationes anatomicae* (1661): „De pulmonum usu scio plura ab antiquis haberi, & circa illa plurimum etiam ambigi [...]“ (Malpighi 1687, 2.323). Für ähnliche Äußerungen siehe z.B. ebd. (2.114, 119–120, 165, 171, 206, 208–209, 227, 236–237, 240–243, 320). Und in der Einleitung zu *De viscerum structura* hieß es zwar: „Ne miraberis, novum me de Cerebro, Hepate, & Renibus assumpsisse laborem, post doctissimorum Willis, Glissoni, Fracassati, & Belloni absolutissimas exercitationes: tantorum enim virorum placita temporis beneficio novis observationibus firmata volui [...]“ (Malpighi 1687, 2.249). Dies bedeutete aber nicht, dass nicht auch diese Forscher mitunter kritisiert werden konnten (z.B. ebd. 2.277, 293). Mit Carlo Fracassati verband Malpighi eine langjährige Zusammenarbeit (Adelmann 1966, 1.171–172, 175, 179, 183, 237, 243, 296, 351, 375).

¹⁴⁸Dabei scheint die Menge der untersuchten Tiere im Laufe der Zeit stetig angewachsen zu sein: So wird bspw. in *De pulmonibus* (1661) auf die Strukturen der Lungen von Säugetieren, Fischen, Fröschen und Schildkröten verwiesen (Malpighi 1687, 2.321, 325, 327, 329), in *De omento* (1665) werden die Fetthäute von Menschen, Hunden, Hirschen, Schweinen, Fischen, Schafen, Rindern, Ziegen und Löwen erwähnt (ebd. 2.228–230), in *De viscerum structura* (1666) die Lebern von Schnecken, Eidechsen, Fischen und Mäusen (ebd. 2.251–254), die Hirne von Fischen und Vögeln (ebd. 2.269–270), die Nieren von Hunden und Vögeln (ebd. 2.279–280) und die Milzen von Schafen, Rindern, Menschen, Fischen und Eidechsen (ebd. 2.291–292).

¹⁴⁹Siehe die verschiedenen Erklärungen in *De pulmonibus* (Malpighi 1687, 2.323–326, 330). Malpighi griff jedoch bei späterer Gelegenheit doch wieder auf seine eigene Erklärung zurück (ebd. 2.317–318). Zur Diskussion zwischen Malpighi und Borelli siehe Adelmann (1966, 1.182, 186–188, 195, 197).

hängt wurde.¹⁵⁰ Und auch im Fall des Gehirns, dessen Untersuchung zusammen mit drei anderen Schriften den Hauptteil der *Epistolae* bildete, konnte die Frage nach dessen Funktion, das heißt beispielsweise die Lokalisierung von Körperfunktionen, nicht gelöst werden, auch wenn Malpighi zumindest feststellen konnte, dass die dort endenden Nerven entgegen der Lehrmeinung nicht hohl waren.¹⁵¹ Selbst spätere Beobachtungen am Gehirn, welche in die Schrift *De viscerum structura exercitatio anatomica* (1666) einfließen, lieferten auf die eigentliche Frage keine konkreten Antworten.¹⁵² In anderen Fällen schlossen sich an Beobachtungen, die als erfolgreich eingestuft wurden, neue Untersuchungen an: Nachdem Malpighi ausgehend von der Struktur der Zunge eine Erklärung des Geschmackssinnes formuliert hatte, beschäftigte er sich im unmittelbaren Anschluss daran mit dem Tastsinn, indem er verschiedene sensitive und insensitive Stellen des Körpers untersuchte.¹⁵³ Und schließlich resultierten diese Beobachtungen einzelner Organe in einer langwierigen Untersuchung verschiedener Drüsen, die 1689 als *De structura glandularum conglobatarum consimiliumque partium epistola* veröffentlicht wurden.¹⁵⁴ Erneut hatten die Untersuchungen also scheinbar eine gewisse Eigendynamik entwickelt, die für die Beobachtungen von größerer Relevanz waren als eine disziplinäre Kontextualisierung.

Zusätzlich zu den Untersuchungen zu Organfunktionen griff Malpighi später aber auch Harveys Beobachtungen zur Fortpflanzung auf und verfasste 1672 ausgehend von der Weiterentwicklung seiner eigenen Methoden gleich zwei Berichte über Untersuchungen an Hühneriern. Dabei griff er häufiger und mit größerer Selbstverständlichkeit auf das Mikroskop zurück als seine Vorgänger, außerdem räumte er der Bildung des Herzens gegenüber den anderen Organen keine Sonderrolle mehr ein.¹⁵⁵ Bemerkenswerterweise hatte Malpighi bereits 1667 die Uteri und Ovaria von Hühnern und Rindern untersucht. Er hatte diese Untersuchungen, wie er später selbst einräumte, jedoch als wenig fruchtbar empfunden, und die entsprechenden Ausführungen erschienen erst 1684 als Teil eines vermischen Beitrages in

¹⁵⁰So schreibt (Malpighi 1687, 2.227) in der Einleitung: „Quare diu prae caeteris Fallopiana illa de Omenti usu ingenua ignorantia me in ejus indaginem excitavit [...]“. Wohingegen er später, nachdem er unter mehreren Lehrmeinungen der von Vesalius die größte wahrscheinliche Gültigkeit eingeräumt hatte: „Quare dicere quidem possumus, Mesenterium esse Adiposum, quo è Ventriculo, & tenuibus aliquando Intestinis elabens, seu percolata oleosa substantia per propria vasa, seu ductus transferatur, propriis etiam cellulis conservetur ad usus soli naturae fortè notos“ (ebd. 2.237). In Abschweifungen ging es ferner um den Nutzen des Knochenmarks (ebd. 2.236) sowie einem möglichen Zusammenhang von Fett und den Körperflüssigkeiten (ebd. 2.238–241). Zur Autorenschaft siehe Adelman (1966, 1.261, 265).

¹⁵¹Malpighi (1687, 2.113, 117, 119–122).

¹⁵²Zwar sind auch hier einzelne Texte für je eines der Organe zu finden, in denen im Anschluss an die Beobachtungen die Funktionen von Leber (Malpighi 1687, 2.261–265), Niere (ebd. 2.287–289) und Milz (ebd. 2.301–310) thematisiert wurden. Für das Gehirn beschränkten sich entsprechende Aussagen auf dessen Rinde (ebd. 2.275–277). Die Kapitel wurden anders als bei den *Epistolae* zuvor nicht einzeln veröffentlicht, auch ist wenig über die Vorarbeiten bekannt, was nahelegt, dass die Beobachtungen in einem kurzen Zeitraum und in enger Verknüpfung ausgeführt wurden (Adelman (1966, 1.295–296), Meli (2011b, 114)). Als Ausgangspunkt für diese neuen Studien nannte Malpighi (1687, 2.249) jedoch die Auseinandersetzung mit neueren, themenverwandten Schriften von Willis, Glisson, Fracassati und Belloni.

¹⁵³Beide Untersuchungen wurden ebenfalls Teil der *Epistolae*. Zum Geschmackssinn und zur Zunge siehe Malpighi (1687, 2.165, 168–170). Als wichtiger Einfluss wurde hier Nicolaus Steno angeführt. Bezüglich des Tastsinnes werden explizit die Beobachtungen der Zunge als Ausgangspunkt genannt, und auch Steno wird erneut erwähnt (ebd. 2.201, 208). Zusätzlich zum Tastsinn (ebd. 206–210) finden sich Überlegungen zum Wachstum von Horn, zur Ursache von schwarzer Haut und zum Wachstum von Haaren (ebd. 2.202–204, 209–210).

¹⁵⁴Meli (2011b, 114–129, 160–165).

¹⁵⁵Malpighi (1687, 2.53); Adelman (1966, 2.833–839).

den *Philosophical Transactions*.¹⁵⁶ Beide Entwicklungen zeigen wiederum, dass trotz der thematischen Übereinstimmung mit Harvey die Ideen für weitere Untersuchungen vor allem durch der Verlauf der Beobachtungen selbst bestimmt wurden.

Wie bereits erwähnt wandte sich auch Malpighi, nicht zuletzt aufgrund seines Kontaktes zur Royal Society, phasenweise Untersuchungen zu, die eher einen naturhistorischen als medizinischen Hintergrund hatten und sich unter anderem dadurch abgrenzten, dass sie den Fokus stärker auf Prozesse legten: Seine Studien zur Seidenraupe hatte nur noch wenig mit den Insekten-Beobachtungen Harveys gemeinsam, und seine *Anatome plantarum* hatte nur noch insofern einen Bezug zur Medizin, als Analogien zur tierischen Anatomie benutzt wurden, um die Prozesse im Inneren der Pflanzen zu erklären.¹⁵⁷

Auch die Thematik der Krankheiten, deren mikroskopische Diagnose sich ja bei Kircher und Borel zumindest als Idee fand, spielte in Malpighis Forschung eine ganz andere Rolle: Die Untersuchung von krankhaften Organen war zwar ein wichtiger Bestandteil seiner Beobachtungen, diese zielten jedoch nicht so sehr darauf ab, mehr über die Krankheiten zu erfahren, sondern sollten die Strukturen dieser Organe anhand von Schwellungen noch besser ermitteln können. Zum zentralen Aspekt wurde dieses Vorgehen in der *De polypo cordis dissertatio* (1666) gemacht, indem ausgehend von Herzpolypen auf die Beschaffenheit des Blutes geschlossen wurde.¹⁵⁸ Der Versuch, Körperflüssigkeiten in ihrem Normalzustand mit dem Mikroskop zu untersuchen, war hingegen laut einer Bemerkung in *De viscerum structura* gescheitert.¹⁵⁹

Malpighi hatte also eine insofern mit seinen Vorgängern gebrochen als er eine lange Reihe spezialisierter Einzeluntersuchungen zur mikroskopischen Anatomie durchgeführt hatte. Hierbei wurden zwar einige eher traditionelle Themen wieder aufgegriffen, allerdings waren naturphilosophische Konzepte weniger von Bedeutung als Analogien zwischen verschiedenen Objekten und die Eigendynamik der Untersuchungen.

2.3.5 Leeuwenhoeks Weg zur Kritik

Antoni van Leeuwenhoek hatte, wie er selbst betonte, keinerlei medizinische Ausbildung, pflegte aber einen engen Kontakt zu verschiedenen Medizinern in seiner Umgebung und tatsächlich war es auch ein Mediziner, Reinier de Graaf, der Leeuwenhoeks Untersuchungen erstmals über die Grenzen von Delft bekannt machte, indem er in einem Brief an die Royal Society über sie berichtete.¹⁶⁰ Dementsprechend wurde ein nicht unerheblicher Teil

¹⁵⁶Malpighi (1684); Adelman (1966, 1.329–330); Meli (2011b, 321–323).

¹⁵⁷S.o. S. 43–44.

¹⁵⁸Adelman (1966, 1.267–268), Meli (2011b, 21, 142–149). Weitere Untersuchungen umfassten bspw. kranke Lungen (Malpighi 1687, 2.322), die Haut von unter Aufzehrung Leidenden (2.208–209) und kranke Milzen (ebd. 2.291–292, 300).

¹⁵⁹„Notum optimè, vetúsque est apud naturae Mystas, quamcumque miscellam, exclusionémque minimis fieri meatibus, ita ut in urinae, salviae, feminis, & aliorum cribratione, sensus, opticis etiam adjustis instrumentis, nequam eorum rudem etiam structuram ob exiguitatem, attingat [...]“ (Malpighi 1687, 2.247). Man beachte, dass *De polypo cordis* schließlich als Anhang zu *De viscerum structura* veröffentlicht wurde und dass Malpighi auch schon einen Teil von *De omento* Überlegungen hinsichtlich eines möglichen Zusammenhanges der Körperflüssigkeiten mit dem Körperfett gewidmet hatte. Allerdings erschien ihm eine Untersuchung ihrer selbst nicht erforderlich, da er den Zusammenhang auch auf anderem Wege negieren konnte (ebd. 2.238–241).

¹⁶⁰Berkel (1982, 190–192) zufolge stellten die Mediziner sogar den einzigen intellektuellen Bezugspunkt in Leeuwenhoeks Heimatstadt Delft dar. Dennoch nahm er ihrer Profession gegenüber schnell einen eher negativen Standpunkt ein (ebd. 194). Leeuwenhoeks Beteuerung vom November 1680, er habe nie einer Sektion beigewohnt (Leeuwenhoek 1939–1999, 3.294), erscheint auch insofern unwahrscheinlich als er im September 1674 eine nicht ganz

seiner Beobachtungen von Anfang an durch Fragen motiviert, welche durch derartige Bekanntschaften entstanden, allerdings zumeist eher den Anstoß für Untersuchungen gaben, die eigenen Ideen folgten: Nachdem er Ende der 1660er Jahre Zeuge eines fehlgeschlagenen Experiments von de Graaf geworden war, in dem bei einem Hund Blut durch Milch ersetzt werden sollte, begann Leeuwenhoek sich mit der Zusammensetzung von Blut zu beschäftigen.¹⁶¹ Ausgehend von den in diesen Beobachtungen entdeckten Globuli untersuchte er auch das Blut verschiedener Lebewesen auf ähnliche Körper und griff zudem die Frage auf, ob in jenem auch Luft enthalten wäre.¹⁶² Schließlich wurden auch andere Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen wie Kot, Cerumen, Sputum, Speichel und Urin untersucht, wenn auch in deutlich geringerem Umfang.¹⁶³

Die Samenflüssigkeit war von diesen Beobachtungen zunächst ausgeschlossen: Auch wenn Oldenburg schon 1674 entsprechende Untersuchungen anzuregen versuchte, wurden diese durch eine Aversion Leeuwenhoeks gegenüber dem Gegenstand verhindert. Diese Einstellung änderte sich erst, als er 1677 Besuch vom Leidener Mediziner Theodorus Craanen und dessen Studenten Johan Ham erhielt, die bei eigenen mikroskopischen Beobachtungen *Animalcula* in der Samenflüssigkeit gesehen hatten.¹⁶⁴ Während die beiden Mediziner und einige Zeitgenossen zunächst davon ausgingen, dass es sich hierbei um das Ergebnis einer

geglückte Demonstration von Muskelfasern und damit zusammenhängende Instruktionen von Cornelis 's Grave-sande erwähnt hatte (ebd. 1.144). Zudem ist Leeuwenhoek inmitten der Delfter Anatomen in einem Gemälde von Cornelis de Man abgebildet, das auf 1681 datiert wird (Berkel 1982, 190–191). Für de Graafs Brief siehe Oldenburg (1965–1977, 9.602).

¹⁶¹ Leeuwenhoek erwähnte im Januar 1678 gegenüber Hooke ein 9–10 Jahre zurückliegendes Experiment, bei dem de Graaf einem Hund Milch als Ersatz für Blut injiziert hatte (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.310–315). Dazu passend wurde schon in seinen ersten Anmerkungen gegenüber Constantijn Huygens im April 1674 über die Globuli beider Flüssigkeiten ein Zusammenhang zwischen ihnen hergestellt (ebd. 1.66).

¹⁶² Nach den ersten Mitteilungen über die Blut-Globuli (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.66, 74, 84–87) musste Leeuwenhoek auf skeptische Nachfragen von Oldenburg, Boyle und Thomas Gale reagieren (ebd. 1.92–96; 2.206; 6.16–19), letztere vermutlich in Zusammenhang mit einem themenverwandten Vortrag von Frederick Slare (Birch 1756–1757, 4.436–443). Später wurde neben dem Blut von Menschen, auch das von Aalen, Fröschen, Fischen, Schrimps, Grashüpfern, Krabben, Muscheln und Spinnen untersucht (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.242–245; 4.72–77; 8.52–55, 110; 9.50; 10.170–173; 11.92, 98; 13.136–151, 320–323, 342–345; 14.8). Mit dem Konzept der im Blut enthaltenen Luft, das vermutlich auf Descartes zurückzuführen ist, beschäftigte er sich ab Ende 1691. Dabei setzte sich seine Ablehnung dieses Konzeptes, die er durch seine Beobachtungen begründet sah (ebd. 8.196–201), auch fort nachdem ihm Richard Waller ergänzende Überlegungen zugeschickt hatte (ebd. 8.335–337) und er daraufhin im 1692 das erste Mal seit 1675 von Versuchen mit einer Luftpumpe berichtete, die schließlich auch Urin mit einbezogen (ebd. 9.14–25, 38–41). Eine ähnliche Untersuchung von Cerumen folgte 1694/1695 (ebd. 11.16–21). Zu weiteren pneumatischen Versuchen s.o. S. 31–32.

¹⁶³ Dabei scheint die Untersuchung von Speichel im Zusammenhang mit denen von Blut und Milch gestanden zu haben (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.110; 2.386–391), die von Urin aber zunächst mit einem allgemeinen Interesse an Flüssigkeiten (ebd. 1.294). Für die Studien von Sputum, Kot und Cerumen wurden hingegen der Gesundheitszustand Leeuwenhoeks bzw. seine Lebensgewohnheiten als Anlass angegeben (ebd. 2.214–319; 3.364–371; 10.6, 12, 16). Ferner wurden untersucht: Tränen (ebd. 1.126), die Gallenflüssigkeit verschiedener Tiere (ebd. 1.170–175, 264–257; 5.324–327) und Chyle (ebd. 3.294; 5.311–315).

¹⁶⁴ „Ik herinner mij, dat ik 3 à 4 jaar geleden, op verzoek van wijlen den Heer Oldenburg, mannelijk teelzaad heb onderzocht en dat ik toen de genoemde diertjes als globulen heb beschouwd; maar aangezien een verder onderzoek en nog meer een beschrijving daarvan mij tegenstond, heb ik toentertijd dat onderzoek achterwege gelaten.“ — „I remember that some three or four years ago I examined seminal fluid at the request of the late Mr. Oldenburg and that I then considered those animalcules to be globules. Yet as I felt averse from making further investigations and still more so from describing them, I did not continue my observations“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.290–291). Zu den Besuchen von Ham und Craanen siehe ebd. (2.280–283; 12.254) und Ruestow (1996, 216–217).

spontanen Zeugung handeln könnte, machte Leeuwenhoek diese Animalcula bald zum zentralen Moment einer neuen Zeugungstheorie.¹⁶⁵

Einerseits stellten diese Überlegungen eine Verbindung zu Leeuwenhoeks Forschung bezüglich der Fortpflanzung von Insekten und anderen Lebewesen her, und motivierten somit zu weiteren Beobachtungen und zu Analogien zwischen den verschiedenen Objekten. Andererseits sah sich Leeuwenhoek nun aber auch dazu veranlasst, einen zunehmenden Anteil seiner Briefe für argumentative Zwecke zu verwenden. Dabei widersprach er immer vehementer den Ansichten seines anfänglichen Gönners de Graaf und auch eines nicht unerheblichen Teiles seiner Korrespondenten, welche den Ovaria eine bedeutendere Rolle für die Fortpflanzung zuwiesen.¹⁶⁶ Seiner Ablehnung dieser Position folgend waren seine Beobachtungen an Eiern dann auch nicht mehr wie bei seinen Vorgängern darauf ausgerichtet, die Entwicklung des Foetus nachzuvollziehen. Stattdessen versuchte Leeuwenhoek, dessen Ab- und Anwesenheit vor beziehungsweise nach dem Kontakt mit der Samenflüssigkeit nachzuweisen.¹⁶⁷ Erneut hatte er also ausgehend von einer eigentlich aus dem medizinischen Bereich kommenden Frage eine eher individuelle Herangehensweise entwickelt.

Ein weiterer zentraler Unterschied zu Kircher, Borel oder auch Craanen bestand darin, dass Leeuwenhoek die Animalcula in der Samenflüssigkeit *nicht* als Teil einer Krankheit oder als spontane Zeugung verstand.¹⁶⁸ Derartige Überlegungen waren ihm aber nicht unbekannt: Vermutlich mit Bezug auf Athanasius Kircher erwähnte Leeuwenhoek im Februar 1679 angebliche Beobachtungen in Rom, bei denen Animalcula im Blut gefunden worden seien, als Ausgangspunkt für eigene Untersuchungen von Blut und Speichel. Auch wenn er dabei nicht fündig wurde, begann er dennoch, weitere Fälle von Parasitenbefall zu untersuchen, da er es für möglich hielt, dass es sich bei diesen Animalcula um den Ursprung der

¹⁶⁵S.u. S. 111–114.

¹⁶⁶Auf gemäßigte Kritik an seiner Theorie, wie sie etwa von George Garden oder Martin Lister vorgebracht wurde, folgten weder neue Beobachtung noch ein wirkliches Überdenken der eigenen Position (ebd. 10.34–63, bes. 48, 60–63; 12.213–321). Vielmehr kam es zwischen 1688 und 1700 scheinbar immer wieder zu längeren Pausen zwischen den Beobachtungen von Samenflüssigkeiten (ebd. 7.386–389; 10.28; 11.92; 12.4–9; 13.152, 228–240, 293–301; 14.38–45; 15.50–53, 118–121). Über Untersuchungen der Ovaria verschiedener Lebewesen wurde hingegen sowohl vor als auch nach der Entdeckung der Samen-Animalcula nur sehr vereinzelt berichtet (ebd. 2.328–347; 4.4–9; 5.144–207; 10.52–61, 254). Dabei wurden neben de Graaf auch Harvey und Grew erwähnt. Zur Auseinandersetzung mit de Graaf siehe Lindeboom (1982, 149–151).

¹⁶⁷Kurz nach der Entdeckung der Samen-Animalcula kam es zu einer Unterbrechung der Beobachtungen an Eiern von Insekten und Fischen, die erst 1680 auf Anfrage der Royal Society wieder aufgenommen wurden, zunächst aber ohne Erfolg (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.372, 214; 2.244, 246, 272, 418; 3.146). Im Juli 1683 schrieb Leeuwenhoek dann: „[...] dat veele doiren die eijeren sullen werden, aan het eijernest hangende, ijder een Dierken uijt het Manneljk zaad, sullen hebben ontfangen, en dat dese dierkens wanneer het eij gebroeijt wert, niet datelijck de figuer van het kuijcken aen neemt maar dat hetselvjge in onse oogen in ongeschikte grootheijt toeneemt, te weten, dat wij eerst oordeelen het Hert te sien voort komen. Ik heb verscheijde malen getragt om de dierkens vant Manneljk zaad vande Haen, in het doir van het eij to ontdekken, maar dit is mij tot nog toe gemist [...]“ — „[...] many [yolks] destined to be eggs, will each of them - while suspended from the ovary - receive an animalcule from the male sperm. I also think that these animalcules, when the egg is being hatched, will not instantly assume the form of the chicken, but will grow in what to us seems an irregular way; that is to say that we believe that we can see the heart originate first of all. I have several times tried to discover the animalcules of the male sperm of a cock in the yolk of the egg, but I have not succeeded in this up till now [...]“ (ebd. 4.64–67; engl. Übersetzung ans Original angepasst).

¹⁶⁸Zwar wurde auch in diesem Zusammenhang ähnlich wie bei Borel (1656a, *Centuria*, LIII) zunächst eine Krankheit als Ursache des Samenflusses genannt, die Beschreibung der genauen Umstände unterscheidet sich jedoch in den verschiedenen publizierten Textfassungen (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.280) und wird in den folgenden Briefen nicht mehr erwähnt, weil sich für die Untersuchung des menschlichen Samens in Leeuwenhoeks Fall auch der eheliche Beischlaf als moralisch vertretbarer Umstand der Beobachtungen anführen ließ (Ruestow 1996, 217).

Würmer handeln könnte, die beispielsweise in den Lebern von Schafen zu finden waren.¹⁶⁹ An Stelle der Pest, die Leeuwenhoek als Kontext der ursprünglichen Beobachtungen nicht erwähnte, trat also ein anderer Bezug, der eher durch seine eigene Umgebung geprägt war.

In ähnlicher Weise hingen auch Leeuwenhoeks Beobachtungen zu verschiedenen Krankheiten und Gebrechen zumeist direkt mit ihrem Auftreten in seinem unmittelbaren Umfeld oder bei ihm selbst zusammen.¹⁷⁰ Medikamente wurden hingegen zumeist ohne einen derartigen Anlass untersucht, die Beobachtung ihrer Zusammensetzung und ihrer Wirkung auf das Blut glich allerdings den Untersuchungen einiger anderer Objekte.¹⁷¹

Auch bei seinen Untersuchungen der Mikrostrukturen von Organen ging Leeuwenhoek anders vor als seine Vorgänger oder Zeitgenossen: In den meisten entsprechenden Berichten sagte er nichts über die Funktionsweise der jeweiligen Körperteile aus, sondern begnügte sich vor allem in seinen frühen Briefen damit nachzuweisen, dass die untersuchten Organe aus Globuli bestünden. In einigen Fällen wurden diese Beobachtungen zwar später korrigiert, dennoch lässt sich weiterhin die Tendenz dazu erkennen, Organe auf mikroskopische Elemente zu reduzieren.¹⁷² In den Untersuchungen, welche er dagegen im Zusammenhang mit seiner bereits früh entwickelten Vorstellung einer rein mechanischen Verdauung erwähnt hatte, wurde der Fokus bemerkenswerterweise eher auf Beobachtungen an der verdauten Nahrung als am Magen oder an angrenzenden Organen gelegt.¹⁷³

Die Frage nach dem Blutkreislauf als universellem Prozess wurde ebenfalls aufgegriffen, aber wiederum auf andere Weise untersucht als bei Harvey und anderen stärker medizinisch geprägten Forschern: Der Nachweis von Herz und Blutgefäßen verschiedener Lebewesen war aus Leeuwenhoeks Perspektive nicht ausreichend, um etwas über den tatsächlichen Prozess der Zirkulation auszusagen. Nur die direkte Beobachtung des mehr oder weniger

¹⁶⁹ „Men Heeft mij over eenige jaren te gemoet gevoert, datmen binnen Romen levende dieren in het bloet hadde gesien.“ — „A few years ago I was informed that at Rome live animals had been seen in blood“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.412–413, weiter bis 419). Es kam zu weiteren, aber eher vereinzelt Beobachtungen zu Parasiten von Menschen und verschiedenen Tieren (ebd. 4.70; 7.98–112; 9.150–153, 324–343; 11.162–169; 13.164–173, 192–195), insbesondere an den Leberegeln von Schafen (ebd. 4.124–137; 9.132–140; 12.194).

¹⁷⁰ Dies umfasste: Gicht (Leeuwenhoek 1939–1999, 3.88–101, 114–123, 376–379; 4.284–287; 7.258–269; 8.215–223), Zahnschmerzen u.ä. (ebd. 2.366–371; 12.192–195; 14.152–156; 15.46–61), Fiebererkrankungen (ebd. 2.392–395; 8.182–185), Blasen- und Nierensteine (ebd. 3.96–103; 7.192–239; 8.224–229), Augenverletzungen (ebd. 9.80), Schwerhörigkeit (ebd. 10.6–13), Verdauungsprobleme (ebd. 3.364–375; 5.314–319), Erkältungen (ebd. 2.314–319), Hautkrankheiten (ebd. 2.382–387; 4.170–181, 286–293; 6.38–43; 15.120–123); kurzum Krankheiten, deren Symptome sich auf bestimmte Organe oder Körperteile beschränkten oder zu besonderen Absonderungen oder Bildungen führten, die dann mikroskopisch untersucht werden konnten. Etwas anders gelagert waren dagegen die Beobachtungen an einer Ochsenzunge nach dem Verlust des eigenen Geschmackssinnes (ebd. 1.184) sowie die späteren Untersuchungen von kranken Schafslungen (ebd. 14.86–91) und des Darms einer erhängten Frau auf Bitte des umstrittenen Anatomen Govert Bidloo (ebd. 15.300–311).

¹⁷¹ Untersucht wurden das Fieberheilmittel *Sal volatile oleosum* (Leeuwenhoek 1939–1999, 4.28–37; 5.344–351), Zinnober (verwendet bei Epilepsie; ebd. 5.356–369), Perlen (auf Anfrage von Francesco Corneri; ebd. 15.236–253), Teesalz (ein weiteres Fiebermittel; ebd. 8.250–253), Chinarinde (ebd. 7.156–173), verschiedene Korallenarten (ebd. 7.268–277; 15.351) und *Moxa* (verwendet gegen Gicht; ebd. 2.228–233; 4.280–285). Ferner gab es Untersuchungen zu Giften wie *Kalumba* (im Auftrag von Cornelis 's Gravesande; ebd. 7.178–193) und dem heute unbekanntem *Euwane* (ebenfalls auf Anfrage eines Arztes; ebd. 15.284–297) und zu Ameisensäure (ebd. 7.62–65). Aber auch Genussmittel wie Kaffee (ebd. 6.236–249) und Tee (ebd. 8.256–261) wurden auf ähnliche Weise untersucht.

¹⁷² S.u. S. 101.

¹⁷³ Zur Verdauung, die er als einen rein mechanischen Vorgang verstanden wissen wollte, äußerte sich Leeuwenhoek ab August 1675 (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.316–327; 2.134, 140–143; 4.86–91). Untersuchungen von Kalbsmägen und zur Rolle der Gerinnung in der Verdauung folgten aber erst 1696 als Reaktion auf die Ansichten von Cornelis Bontekoe (ebd. 12.72–97).

ungestörten Ablaufes lieferte hierfür eine zulässige Grundlage, so dass ein Aspekt der Beobachtungen darin bestand, nach Lebewesen zu suchen, bei denen die Blutgefäße es durch ihre Lage ermöglichten, den Blutfluss durch die Haut hindurch am lebenden Objekt zu studieren.¹⁷⁴

Trotz seines Kontaktes zu mehreren Medizinern und der Rolle, welche diese für seine Beobachtungen zuweilen spielten, hatte Leeuwenhoek also seine Beobachtungen in erster Linie an eigenen Überlegungen ausgerichtet, die oft in engem Zusammenhang mit seinem Umfeld standen. Dabei war er schließlich zu Ansichten gelangt, die in mehreren Fällen in Widerspruch zur gängigen Lehrmeinung und auch zu den Standpunkten seiner früheren Förderer standen.

2.3.6 Zusammenfassung

Auch wenn sich die Medizin durch ihre Institutionalisierung als möglicher Kontext von der Naturphilosophie und -geschichte unterschied, lässt sich doch auch hier feststellen, dass sich das Mikroskop zunächst nur zur Untersuchung einiger weniger, sehr eng gefasster Themen etablierte. Dabei spielte zunächst der Bezug zu bestimmten naturphilosophischen Lehren eine wichtige Rolle. Spätere, ausführlichere Beobachtungen folgten dann einer erweiterten Thematik und wiesen eine gewisse Heterogenität in philosophischer Hinsicht auf. Daneben fällt auf, dass neue Themen trotz ihrer medizinischen Relevanz vor allem von Außensternern in die Beobachtungen eingebracht wurden, allerdings nicht von anderen Forschern aufgegriffen wurden, ebenso wie die Skepsis, die zwischenzeitlich an mikro-anatomischen Beobachtungen geäußert wurde, keinen Einfluss auf die Weiterführung entsprechender Beobachtungen hatte.

Auffällig ist zudem, dass die Beobachtungen die gleiche Verwandlung durchmachten wie in Bezug auf andere Kontexte: Nachdem mikroskopische Untersuchungen als Beobachtungsmethode für bestimmte Fragen etabliert waren, folgten über längere Zeiträume durchgeführte, eher explorative Untersuchungen, die in erster Linie einer gewissen an den Objekten und an Analogien ausgerichteten Eigendynamik folgten und weniger eng in einen Kontext eingebunden wurden. Im Zuge dieser Entwicklung wird auch besonders deutlich, wie distanziert Leeuwenhoeks Beobachtungen eigentlich von den disziplinären Kontexten seiner Zeit waren: Auch wenn Fragestellungen aus verschiedenen Gebieten zum Ausgangspunkt seiner Beobachtungen wurden, spielten diese doch für die Art und Weise, in der er seine Untersuchungen anstellte, kaum eine Rolle, sondern wurden im Lauf der Zeit eher zum Gegenstand seiner Kritik.

Der Einfluss der traditionellen Kontexte, in welche die Wissenschaftsgeschichte die frühen mikroskopischen Beobachtungen normalerweise einordnet, erweist sich also, wenn man die Beobachtungen selbst zum Ausgangspunkt nimmt, als eher gering: Sowohl in der Naturphilosophie als auch in Naturgeschichte und Medizin lässt sich eine anfängliche Zurückhaltung gegenüber dem Mikroskop erkennen. Umfangreiche Beobachtungen begannen bemerkenswerterweise in dem Moment, als Forscher anfangen, sich weniger stark auf diese Kontexte zu beziehen, sondern stattdessen Fragestellungen aus verschiedenen Bereichen miteinander zu vermischen. Was bedeutet dies nun hinsichtlich der Frage nach möglichen Beobachtungsstilen? Eine gemeinsame Tradition im engeren Sinn, auf welche sich die Forscher hätten beziehen können, gab es allen Anschein nach nicht. Vielmehr ging die Posi-

¹⁷⁴S.u. S. 143, 145.

tionierung der Untersuchungen *zwischen* den etablierten Kontexten mit einem erkennbaren Mangel an übergeordneten Leitlinien einher, der sich vor allem darin manifestierte, dass die Beobachtungen sich zunehmend nach Fragestellungen ausrichteten, die aus den Untersuchungen selbst erwachsen und in vielen Fällen mit der besonderen Rolle zusammenhingen, die Analogien zwischen den Objekten für die Forscher spielten.

Kapitel 3

Objekte

3.1 Pflanzen: Eigenschaften, Strukturen und Funktionen

3.1.1 Von besonderen Eigenschaften zu Analogien

Die Rolle von Ähnlichkeiten, Analogien und einer mit ihnen zusammenhängenden Eigendynamik wurde im Zusammenhang mit der Distanzierung der Beobachtungen von traditionellen Kontexten bereits angedeutet. Hier soll es nun darum gehen nachzuvollziehen, wie sich diese Faktoren im einzelnen auf die Ergebnisse der Beobachtungen und den Verlauf der Forschung an bestimmten Objekten ausgewirkt haben. Hierbei ist insbesondere von Interesse, wie mit Ähnlichkeiten zwischen Strukturen umgegangen wurde und wie diese durch die Übertragung von funktionalen oder anderen Aspekten zu vollwertigen Analogien ausgebildet wurden. Ferner stellt sich die Frage nach der Reichweite dieser Analogien und nach ihrem heuristischen Wert.¹ Aber auch andere Formen von Beziehungen und Abhängigkeiten von Beobachtungen untereinander, wie sie beispielsweise durch die Planung von Untersuchungen festgesetzt werden oder durch den spezifischen Umgang der Forscher mit bestimmten Objekten entstehen, sollen hierbei berücksichtigt werden.

Pflanzen gehörten neben Insekten zu den Objekten, die als erste Gegenstand von größer angelegten mikroskopischen Beobachtungen wurden. Frühe Beobachtungen konzentrierten sich darauf, spezifische Eigenschaften von besonderen Pflanzen zu dokumentieren. Im Rahmen späterer Untersuchungen veränderte sich diese Perspektive allerdings: Nun wurden vor allem die inneren Strukturen der Pflanzen erforscht und Überlegungen zu den Prozessen in ihnen angestellt. Parallel dazu wurden die Pflanzen mehr und mehr auch als ein Modell für Lebensprozesse im Allgemeinen verstanden und somit nicht mehr nur als spezifische Einzelobjekte untersucht, sondern auch zu anderen Objekten in Beziehung gesetzt.

Cesis mikroskopische Pflanzen-Beobachtungen waren anscheinend vollständig auf die spezifischen Charakteristika einzelner Pflanzen ausgerichtet: Zwar könnten seine Untersuchungen vermeintlich samenloser Pflanzen auch als ein Versuch verstanden werden, diesen zentralen Unterschied zu anderen Pflanzen aufzuheben, auf begrifflicher Ebene veränderte sich die Trennung jedoch nur geringfügig: Statt des Fehlens von Samen bildete nun deren besonders geringe Größe und spezielle Lage das Kriterium, um diese Pflanzen von anderen

¹Zum hier zugrunde gelegten Verständnis von Analogien siehe Hentschel (2010). Zentral ist für die folgenden Ausführungen vor allem die Unterscheidung von Ähnlichkeiten und Analogien, die im Anschluss an Hentschels Ausführungen daran festzumachen ist, dass im Zuge einer Analogie „weitreichende Netze von Beziehungen zwischen zwei Gegenstandsbereichen oder -objekten behauptet“ werden (ebd. 24), d.h. dass sowohl behauptet wird, dass die Objekte über gleiche Eigenschaften verfügen, als auch dass diese Eigenschaften jeweils in ähnlichen Beziehungen zueinander stehen. Verkürzt heißt das in diesem Fall: Prozesse in mikroskopischen Strukturen und ihre Funktion werden ausgehend von einer Ähnlichkeit der Form als einander entsprechend angesetzt.

zu unterscheiden.² In seinen *Tabulae phytosophicae* stellte Cesi hierzu passend fest, dass mit dem Mikroskop die spezifischen Eigenschaften von Pflanzen so gut zu erkennen wären, dass diese auch in zweifelhaften Fällen genau identifiziert werden könnten.³

Bei Kircher und Fontana fanden sich nur sehr kurze Kommentare zu Beobachtungen von Pflanzen, diese wurden aber von Borel aufgegriffen, der einen besonderen Schwerpunkt auf die eigentümlichen Strukturen von Pflanzenblättern legte: Neben den jeweils spezifischen Runzeln, Haaren und Dornen wurde in seinen Beobachtungen und denen, die er von Kircher übernommen hatte, auch geschildert, dass sich auf einigen Blättern Gefäße abzeichneten, die Venen oder Nerven ähnelten. Bemerkenswerterweise wurde dies nicht in Zusammenhang mit einer weiteren Passage gesetzt, die von Fontana übernommen wurde und den Transport von Säften in solchen Gefäßen zum Inhalt hatte. Demzufolge hatte Borel scheinbar also auch diese Strukturen in erster Linie als spezifische, äußerliche Eigenheiten bestimmter Pflanzenarten verstanden.⁴

Hinsichtlich der Pflanzensamen übernahm Borel hingegen die Beobachtungen von Cesi, ohne diese großartig zu erweitern oder zu verändern.⁵ Allerdings interessierte er sich darüber hinaus auch für das Innere der Samen und wies darauf hin, dass dort bereits die Anfänge der späteren Pflanzen zu erkennen wären. Statt diese Beobachtung in engeren Bezug zu den anderen Untersuchungen von Samen zu setzen, ließ Borel drei Abschnitte folgen, die sich mit anderen Objekten befassten. Zwei davon galten dem Wachstum in Hühner- und Spinneneiern, stellten also eine lose Verbindung zu Fortpflanzung und Wachstumsprozessen bei tierischen Lebewesen her.⁶ Die dritte dieser Beobachtungen verwies hingegen auf

²Johannes Faber berichtete in seinen Anmerkungen zu Francisco Hernández' Naturgeschichte Amerikas kurz über Cesis diesbezügliche Beobachtungen: „Hoc oculoru[m] praesidio *Princeps Caesius* noster plurimas plantas hactenus à Botanicis sine semine creditas, distinctissimis seminibus luculenter turgentes per Pictorem suum ad hoc operis designatum in cartis delineari curavit. Mirareris in Polypodio minutissimos eos pulvisculos foliorum dorso adhaerentes piperis grani magnitudine spectabiles, existimatos hactenus à Natura tantum co[n]cessos esse in herbulae ornatu[m], quos *Princeps* quidem ante *Microscopij* usum iamdiu in libris suis seminis nomine donari debere ce[n]suit, & ita huius generis *plantas Tergifoetas* merito nuncupavit“ (Hernández 1651, 757). Vgl. auch die detaillierten Zeichnungen, die Freedberg (2002, 225–228) diesen Beobachtungen zuordnet.

³So heißt es in Tafel 19, welche im Anhang der Naturgeschichte von Hernández publiziert wurde: „*In Phytonomia certitudinem prescriptae copulationis nominis scilicet & rei obfirmatio*. In vocibus quidem, & litteris, in libris, notisq[ue] omnibus defecta quida[m], aut mutationes edacis praesertim iniuria temporis, vel scribentium ac pingentium aut ineptè dice[n]tium incuria co[n]tingere sole[n]t, qui nos in controversiã deducunt, & laxata copula studiosus in dubio relinquunt: succurrendum propterea sedula pensatione, & discussione, ut veru[m] plantis nomen reddi possit: quod si spurium fuerit, vel dubium, & minus cognitum. [...] confirmetur, ne quid supersit dubij [...] mediante rei ipsius, sive subiecti [...] Absolutissimis in posteritatis beneficium requisitis authographis, compilatis libris, & commentarijs editis, quibus singula, vel minutissima adnotentur: quod & assequi erit facilius singulatim microscopio nostro adhibito, quod in pluribus nos etiam exequuti sumus“ (Hernández 1651, 948).

⁴Die meisten Beobachtungen widmeten sich jeweils einer einzelnen Pflanze und den charakteristischen Runzeln oder Haaren ihrer Blätter (Borel 1656a, *Centuria*, XXIX, LII, LVII, LXV, LXXI, LXXXVI, LXXXVII), andere wiederum stellten Ähnlichkeiten in den Vordergrund (ebd. V, VI, XLVI). Die unterschiedlich farbigen „Venen“ in den Blättern von Geißblatt, Lorbeer und Thymian wurden hingegen gegeneinander und von den Löchern in Blättern von Haselwurz abgegrenzt: „*Chelidonium, asarum &c. folia perforata habent, aliae plantae venas foliorum habent rubescentes ut Caprifolium, aliae virescentes, ut Laurus, tymus, juxta succum quo nutriuntur: caulis musci ruber est, matricaria maculata apparet, mori nigra folia plexum mirum, seu rete mirabile ostendunt*“ (ebd. LXIII). Ausführungen zu saftführenden Gefäßen, die von Fontana übernommen wurden stehen abseits davon (ebd. XXVI), die von Kircher übernommenen Beobachtungen konzentrierten sich hingegen ebenfalls auf die Oberfläche der Pflanzen (ebd. XV, XIX, XXII, XXV).

⁵Aufgelistet wurden neben Farn noch verschiedene andere vermeintlich samenlose Pflanzen, die Borel in expliziter Übereinstimmung mit Cesi ebenfalls *Tergifotae* nannte (Borel 1656a, *Centuria*, VII–VIII).

⁶Siehe Borel (1656a, *Centuria*, XVII–XX). Ein derartiger thematischer Zusammenhang findet sich in der *Centuria* eher selten, aber eben auch bei den o.g. Beobachtungen von „samenlosen“ Pflanzen.

Bilder von Bäumen, die Kircher auf den Schalen von Kirschen gesehen haben wollte. Trotz Borels leichtem Zweifel könnte hier doch der Ausgangspunkt seiner eigenen Beobachtungen an Samen gelegen haben: Anders als Kircher, der vor allem eine Verbindung zu den bemerkenswerten Formen herstellte, die er auf Rizinusblättern gefunden hatte, suchte Borel scheinbar nach ähnlichen Phänomenen bei anderen Früchten und fand etwas vergleichbares zumindest bei Renetten-Äpfeln.⁷

Während er also Cesis Beobachtungen mehr oder weniger ohne Erweiterung übernommen hatte, deuten Borels Kommentare zu denen Kirchers und die im gleichen Zusammenhang erwähnten Untersuchungen an Eiern darauf hin, dass Borels Studien zu einem gewissen Teil durch die Möglichkeit motiviert wurden, analogienhafte Verbindungen zwischen Objekten herzustellen. Seine Ausführungen legen, wenn auch nur andeutungsweise, nahe, dass strukturelle Ähnlichkeiten mit funktionalen Übereinstimmungen einhergehen. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass Borels Äußerungen hinsichtlich des Sameninneren weit- aus weniger spezifisch ausfielen als in jenen Abschnitten, in denen er sich auf Cesi berief: Zwar nannte er Bohnen und Mandeln als besonders geeignete Objekte, die Beobachtung wurde aber *allgemeingültig* für Pflanzen formuliert und darüber hinaus, wie bereits erwähnt, in einen losen Bezug zur Reproduktion anderer Lebewesen gesetzt.⁸ Während sich also die Beobachtungen der Pflanzen auf deren Eigenarten konzentrierten, entwickelten sich die Untersuchungen der Samen hier in die genau entgegengesetzte Richtung.

3.1.2 Von Besonderheiten zu Ähnlichkeiten und Verbindungen

Borels Neuausrichtung von Teilen der Pflanzen-Beobachtungen blieb zunächst ohne Folgen. So legte Power den Schwerpunkt wieder in jeder Hinsicht auf die Besonderheiten und Spezifika einzelner Pflanzenarten: Bei den Samen beschrieb er detailliert die jeweiligen äußeren Formen und Strukturen sowie die unterschiedlichen Positionen, in denen sich die Samen an der Pflanze beziehungsweise den Früchten befanden; hierfür wurden neben Farnen auch Lilien und verschiedene Beeren untersucht. Der Schwerpunkt der Beobachtungen lag also einerseits wieder eher auf der zeugenden Pflanze als auf dem Wachstum des Samens oder dessen innerer Struktur, zumal wie bei Cesi erneut vor allem besonders kleine Samen untersucht wurden.⁹

Auch Powers Beobachtungen zu den anderen Pflanzenteilen legten den Fokus auf die charakteristischen Eigenarten der jeweiligen Pflanzen: Neben den auffälligen Oberflächen einiger Pflanzen wurden dabei auch die inneren Strukturen der Blätter vom Guten Hein-

⁷Kircher schrieb hinsichtlich der Formen an Kirschen und Rizinusblättern: „Ricini folia per haec inspecta innumerabili stellatarum figurarum coacervatione contexta summa delectione intueberis. Corticem Cerasi per totum immensa arbusculorum copia depictum deprehendes. Verbo, singulas radices, folia, fructus, semina, ut specie distincta, ita diversis figuris constare reperies“ (Kircher 1646, 834). Dieser Abschnitt wurde von Borel zunächst in zwei Beobachtungen aufgeteilt (Borel 1656a, *Centuria*, XIX, XXV). In einer anderen Beobachtung, die sich explizit mit Früchten beschäftigte hieß es dann jedoch ebenfalls: „sunt & quaedam mala renetia in quorum cortice depictae cernuntur stellae & Soles varii: sunt & cerasi in quorum cortice sunt cerasi arbores etiam depictae“ (ebd. XXXIX).

⁸„In gemmis arborum & germinibus seminum plantarum cernes rudimenta, & si semen phaseoli vel amygdalae aquâ calidâ emollias & aperias, acuque optima germinis ejus anatomiam facias, plantae formam in eo reperies“ (Borel 1656a, *Centuria*, XVII).

⁹Power (1664, 46–50).

rich beschrieben, Verallgemeinerungen zur Anatomie der Pflanzen oder Überlegungen zu internen Strukturen folgten daraus jedoch nicht.¹⁰

Für Hookes Beschäftigung mit Pflanzen und ihren Samen waren hingegen strukturelle Ähnlichkeiten mit anderen Objekten von zentraler Bedeutung: Dass Pflanzen unter dem Mikroskop porös erschienen, wie es auch bei bestimmten Steinen festzustellen war, legte für ihn nahe, dass sowohl in einfachen anorganischen als auch in komplizierteren organischen Strukturen die gleichen mechanischen Prinzipien wirkten. Ferner wurde es ausgehend von dieser Ähnlichkeit leicht zu erklären, wie Stoffe entstanden, welche nicht eindeutig einer der beiden Kategorien zuzuordnen waren, da sie wie Holzkohle und fossiles Holz Eigenschaften aus beiden Bereichen aufwiesen. Schließlich versuchte Hooke, anhand der Fasern von Schwämmen eine ähnliche Entsprechung wie zwischen Steinen und Pflanzen auch für Pflanzen und Tiere aufzuzeigen, von Untersuchungen zu den inneren Prozessen der Pflanzen lenkten derartige Einzelfälle jedoch eher ab.¹¹ Allerdings suchte Hooke, wie aus seinen Beobachtungen zu den leeren Poren oder „Zellen“ von Kork hervorgeht, ursprünglich nach sehr spezifischen Elementen in den pflanzlichen Strukturen wie Klappen oder Gefäßen für den Transport von Flüssigkeiten, wie sie aus der tierischen Anatomie bekannt waren. Und obwohl er bei seinen Untersuchungen nichts derartiges fand, hielt Hooke weiterhin daran fest, dass es entsprechende Vorrichtungen geben müsste.¹²

Während in einigen Fällen die mikroskopischen Ähnlichkeiten zu anderen Objekten im Mittelpunkt standen, hoben andere Beobachtungen erneut die Besonderheiten und Unterschiede der Strukturen verschiedener Pflanzen hervor. So unterschieden sich die sensitiven Pflanzen, die Hooke in Fortsetzung der Untersuchungen einiger Fellows studierte, deutlich von anderen Pflanzen, an denen Bewegungen zu beobachten waren.¹³ Und auch die Oberflächen von Seegrass, Rosmarin, Salbei, Nessel und Juckbohnen wiesen eher Besonderheiten als Übereinstimmungen mit anderen Pflanzen auf.¹⁴

Hinsichtlich des Äußeren der Pflanzensamen betonte Hooke sogar, dass es nicht nur spezifische sondern sogar individuelle Unterschiede zwischen verschiedenen Arten bezie-

¹⁰ „The backside of the Leaf of *English Mercury*, called *bonus Henricus*, looks, as if rough-cast with silver, and all the ribs are stuck full of round white transparent Balls like innumerable Grapes, or Oake Apples, or a Bracelet of Crystal; and we could discover little foot-stalks in many of them, by which they were fastened to the ribs and fibers of the Leaf, which is a very pleasant spectacle“ (Power 1664, 50). S.a. die folgenden Beobachtungen zu den Oberflächen verschiedener Pflanzen insbesondere von Nelken, Nesseln und Gurkenkraut (ebd. 50–51).

¹¹ „It is not my design at present, to examine the use and *Mechanisme* of these parts of Wood, that being more proper to another Enquiry“ (Hooke 1665, 102). Es folgen die Erklärungen zur Verkohlung und in einer weiteren Beobachtungen die zur Versteinering (ebd. 102–106, 108–109). Zu den Fasern von Schwämmen und Muskeln siehe ebd. (137–139).

¹² „Now, though, I have with great diligence endeavoured to find whether there may be any such thing in those *Microscopical* pores of Wood or Piths, as the *Valves* in the heart, veins, and other passages of Animals, that open and give passage to the contain'd fluid juice one way [...] yet I have not hitherto been able to say anything positive in it, though, me thinks, it seems very probable, that Nature has in these passages, as well as in those of Animal bodies, very many appropriated Instruments and contrivances, whereby to bring her designs and end to pass, which 'tis not improbable, but some diligent Observer, if help'd with better *Microscopes* may in time detect“ (Hooke 1665, 102).

¹³ „I have not yet made so full and satisfactory Observations as I desire on this Plant, which seems to be a Subject that will afford abundance of information. But as farr as I have had opportunity to examine it, I have discovered with my *Microscope* very curious structures and contrivances; but designing much more accurate examinations and trials [...] but as farr as I have yet observ'd, I judge the motion of it to proceed from causes very differing from those by which Gut-strings, or Lute-strings, the beard of a wilde *Oat* and other kinds of *Cranes-bill*, move themselves“ (Hooke 1665, 120–121).

¹⁴ Hooke (1665, 140–147).

hungsweise Exemplaren gäbe.¹⁵ Dem wurde jedoch gegenübergestellt, dass das Innere der verschiedenen Samen mehr oder weniger identisch wäre und nur aus einem Brei bestünde, der sich lediglich in der Farbe von dem anderer Samen unterscheidet. Und da sich Hooke in der Auswahl der zu untersuchenden Samen ebenfalls auf besonders kleine Sorten konzentriert hatte, beschränkte sich seine Aussage zur Zeugung der Pflanzen darauf, dass im Samen ein nicht näher definiertes materielles Prinzip vorläge, das wie ein Mechanismus durch äußere Umstände in Gang gesetzt würde.¹⁶ Eine ähnliche Idee formulierte Hooke auch im Zusammenhang mit der betäubenden Wirkung von Mohn und vermutete sogar eine mögliche Verbindung zwischen ihr, der Form der ausgewachsenen Pflanze und ihrer Reproduktion.¹⁷ Ausgehend von dieser Übereinstimmung ist es denkbar, dass die Beobachtungen von Mohn denen anderer Samen vorausgingen und somit auch den Fokus auf besonders kleine Samen mit sich brachten.

Im Gegensatz zu den Beobachtungen seiner Vorgänger waren Hookes Beobachtungen also auch durch ein zunehmendes Interesse daran gekennzeichnet, neben den spezifischen Eigenschaften einzelner Pflanzenarten auch allgemeine Charakteristika zu erschließen. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass sich beide Interessen nun nicht mehr jeweils getrennt voneinander in den Beobachtungen verschiedener Pflanzenteile äußerten, wie es bei Borel der Fall gewesen war, sondern als gegenläufige Tendenzen fast durchgängig erkennbar waren. Darüber hinaus gingen Hookes Verallgemeinerungen soweit, dass sie nicht nur für den pflanzlichen Bereich galten, sondern auch Verbindungen zu anderen Objekten herstellten. Einerseits führte die Feststellung ähnlicher Strukturen zu Analogieschlüssen hinsichtlich der Prozesse in den Objekten, andererseits deutet die explizite Suche nach gemeinsamen Elementen an, dass Analogien in Hookes Fall angestrebt beziehungsweise vorausgesetzt wurden und durch die Beobachtungen bestätigt werden sollten. Sowohl die Frage nach den

¹⁵ „Of these there are multitudes [...] For beside those that have various kinds of carv'd surfaces, there are other that have smooth and perfectly polish'd surfaces, others a downy hairy surface; some are cover'd onely with a skin, others with a kind of shell, others with both, as is observable also in greater seeds. Of these seeds I have onely described four sorts which may serve as a *Specimen* of what the inquisitive observers are likely to find among the rest. The first of these seeds [...] are those of Corn-Violets [...] cover'd with a tough thick and bright reflecting skin irregularly shrunk and pitted, insomuch that it is almost an impossibility to find two of them wrinkled alike, so great a variety may there be even in this little seed“ (Hooke 1665, 152–153). Passend hierzu wurden immer mehrere Samen einer Pflanzenart zusammen dargestellt (ebd. *Schemes* XVII–XX).

¹⁶ Hooke schrieb über Thymiansamen: „I found their make to be in nothing but bulk of differing from that of Peas, that is, to have a pretty thick coat, and all the rest an indifferent white pulp, which seemed very close; so that it seems Nature does not very much alter her method in the manner of inclosing and preserving the vital Principle in the seed, in these very small grains, from that of Beans, Peas &c. [...] We may perceive even in these small Grains, as well as in greater, how curious and carefull Nature is in preserving the seminal principle of Vegetable bodies, in what delicate, strong and most convenient Cabinets she lays them and clooses them in a pulp for their safer protection from outward danger, and for the supply of convenient alimantal juice, when the heat of the Sun begins to animate and move these little *automatons* or Engines [...]“ (Hooke 1665, 153–154). In der Beobachtung von Portulak-Samen wurde das Samen-Prinzip erneut erwähnt (ebd. 156), bei Kornveilchen nur der Brei beschrieben (ebd. 153).

¹⁷ „But that which makes it the most considerable of all, is, the medical virtues of it [...] And, methinks, Nature does seem to hint some very notable virtue or excellency in this Plant from the curiosity it has bestow'd upon it. First, in its flower, it is of the highest scarlet-Dye [...] Next it has as much curiosity shew'd also in the husk or case of the seed, as any one Plant I have met withall; and thirdly, the very seeds themselves, the *Microscope* discovers to be very curiously shap'd bodies; and lastly, Nature has taken such abundant care for the propagation of it, that one single seed grown into a Plant, is capable of bringing some hundred thousands of seeds. It were worthy some able man's enquiry whether the intention of Nature, as to the secondary end of Animal and Vegetable substances might not be found out by some such characters and notable impressions as these, or from divers other circumstances, as the figure, colour, place, time of flourishing, springing and fading, duration, taste, smell &c.“ (Hooke 1665, 155).

Universalia und Spezifika pflanzlicher Strukturen als auch die Idee analoger Strukturen bei verschiedenen Lebewesen sollten für zukünftige Beobachtungen eine entscheidende Rolle spielen und dazu beitragen, dass die Forscher, die ihre Untersuchungen nun über längere Zeiträume durchführten, jeweils einen individuellen Umgang mit den Objekten entwickelten.

3.1.3 Langfristige Beobachtungen: Details, Abstraktionen und Analogien

Nehemiah Grew nannte explizit die Suche nach Entsprechungen zwischen pflanzlicher und tierischer Anatomie als Ausgangspunkt und Motivation für seine Beobachtungen, die er nach eigener Aussage schon 1664 begann, und nahm noch 1672 entsprechende Vergleiche in das Programm seiner *Idea of a Philosophical History of Plants* auf. Dennoch kam es weder in seiner ersten Schrift zu diesem Themenkreis, die er zu diesem Zeitpunkt der Royal Society schon vorgelegt hatte, noch in seinen späteren Abhandlungen zu einer Ausführung dieses Plans, den Grew schließlich 1682 ganz aufgab beziehungsweise anderen Forschern überließ.¹⁸ Diese nachträgliche Einschränkung seines Vorhabens war auch eine Folge von Grews Herangehensweise an die Beobachtungen von Pflanzen, die letztlich ein so großes Maß an Aufmerksamkeit und Zeit in Anspruch nahmen, dass weiterführende Untersuchungen vermutlich kaum noch möglich waren: Seinem Bedürfnis nach größerer Detailfülle folgend machte Grew Wiederholungen zu einem wichtigen Bestandteil seiner Untersuchungen und zerlegte die Gewächse zunehmend in kleinere Teile. Während bei seinen Vorgängern lediglich eine grobe Trennung der Beobachtungen von Oberfläche, inneren Strukturen und Samen ausgemacht werden kann, hatte Grew für seine erste Schrift, die *Anatomy of Plants Begun*, bereits Samen, Wurzeln, Stämme, Knospen, Blätter, Zweige, Blüten und Früchte verschiedener Pflanzen untersucht und *als Einzelteile* miteinander verglichen: Für jeden dieser Pflanzenteile stellte Grew eine eher abstrakte Struktur vor, welche durch Hinweise auf Besonderheiten und Unterschiede bei spezifischen Pflanzen ergänzt wurde. Die zentrale Annahme war also, dass alle Pflanzen im Grunde genommen über eine identische Grundstruktur verfügten, die jedoch bei einigen Pflanzen deutlicher hervortrat, weswegen der Schwerpunkt der Beobachtungen dann auf diese gelegt wurde. Anders als seine Vorgänger hatte Grew also seine Objekte nicht ausgehend von äußeren Auffälligkeiten oder erklärungswürdigen Eigenschaften ausgewählt, sondern vornehmlich in Hinblick auf ihre „Tauglichkeit“ für Beobachtungen. Oder wie man auch sagen könnte: Diejenigen Pflanzen, bei denen Grew

¹⁸ „The first occasion of directing my Thoughts this way, was in the Year 1664, upon reading some, of the many and curious Inventions of Learned Men, in the *Bodies of Animals*“ (Grew 1682, *Preface*). – „For since the present Design will engage us, to an accurate and multifarious Observation of *Plants*; we may hereby be enabled to *range* and *sort* them with more certainty, according to the Degrees of their *Affinity*. [...] Again it may frequently conduct our minds to the consideration of the *State of Animals*; as whether there are not divers material Agreements betwixt them both; and what those things are which are more essential to their distinguishment. And *besides*, not only to compare what is already known of both; but also, by what may be observed in the *one*, to suggest and facilitate the finding out of what may yet be unobserved in the *other*“ (Grew 1682, *Idea*, 4). – „Having concluded the *History of Perfect Plants*; I intended to have subjoined the *Description* of those which are *Imperfect*. As also of *Parasitical, Marine, and Sensitive Plants*. A[n]d lastly a view of the chief Particulars wherein the *Mechanisme* of a *Plant*, is different from that of an *Animal*. But these things I leave to some other Hand“ (Grew 1682, *Preface*). Auch die vorgesehene Untersuchung von Meerespflanzen und parasitären Gewächsen und sensitiven Pflanzen führte Grew nicht mehr durch.

besonders deutliche Strukturen zu erkennen meinte, wurden von ihm zum Modell für alle Pflanzen erklärt.¹⁹

Eine derartige Festlegung und Abstraktion der Strukturen erschien jedoch nicht für alle Teile gleichermaßen sinnvoll: Für die Früchte beschrieb Grew keine allgemeine Grundstruktur, sondern verwies darauf, dass ihre Strukturen grundsätzlich denen der bereits beschriebenen Pflanzenteile folgen würden. Im Anschluss führte er detaillierte, aber voneinander unabhängige Beschreibungen von fünf Früchten an, die jedoch nicht aufgrund ihrer Tauglichkeit für Beobachtungen ausgewählt worden waren, sondern wegen ihrer weiten Verbreitung. Die gleiche Herangehensweise fand sich auch in der detaillierteren Ausarbeitung dieses Themas, die Grew 1676 in der *Anatomy of Leaves, Flowers, Fruits and Seeds* folgen ließ, auch wenn hier zumindest bei einigen Früchten auch Ähnlichkeiten in den Strukturen festgestellt wurden.²⁰ In ähnlicher Weise wurde hinsichtlich der Erzeugung von Samen an der Pflanze einerseits auf die bereits beschriebenen Strukturen an voll ausgebildeten Samen verwiesen, andererseits wurde durch den folgenden Vergleich einzelner Teile der Samen von verschiedenen Pflanzen ihre Diversität hervorgehoben.²¹

In seinen späteren Abhandlungen zu spezifischen, einzelnen Pflanzenteilen ließ Grew noch stärker als zuvor erkennen, dass die Zerlegung der Objekte ein zentrales Moment seiner Vorgehensweise war. Dabei hielt er zunächst an seinem ursprünglichen Konzept einer abstrakten Grundstruktur fest, verlegte aber ausgehend von der Fokussierung der Beobachtungen und der zunehmende Fülle an Details schließlich die Abstraktion auf eine andere Ebene: Spätestens 1674 gelangte er zur Überzeugung, dass zumindest die Strukturen einiger Pflanzenteile, die er zuvor getrennt voneinander beschrieben hatte, miteinander übereinstimmten und letztlich sogar auf Fasern als ein einzelnes Element der Pflanzen-Anatomie reduziert werden könnten.²² Somit hatte Grew also die Zerlegung und Abstraktion pflanzlicher Strukturen endgültig zum Hautaspekt seiner Beobachtungen gemacht, während Vergleiche mit den Strukturen anderer Objekte und Analogien keine Rolle mehr spielten.

Die Beobachtungen, die in etwa zur gleichen Zeit von Malpighi angestellt wurden, glichen hinsichtlich ihrer Herangehensweise in einigen zentralen Punkten Grews Ansatz: Auch Malpighi nannte in seiner *Idea anatomes plantarum* die analogienhafte Vorstellung

¹⁹ „The Essential Constitutions of the said Parts are in all Plants the same: But for Observation, some are more convenient; in which I shall chiefly instance“ (Grew 1682, 1).

²⁰ Vgl. die entsprechenden Äußerungen in beiden Schriften: „The general composition of all Fruits is one, that is, their Essential and truly Vital parts, are in all the same, and but the continuation of those which in the other Parts of a Plant, we have already observed. Yet because by the different Constitutions and Tinctures of these Parts, divers considerably different Fruits result; I shall therefore take a particular view of the more known and principal of them [...]“ (Grew 1682, 40). – „I shall conclude this Subject with *Fruits* [...] And First, I shall describe the Compounding Parts of some, more generally known“ (ebd. 179).

²¹ Grew (1682, 45–49, 198–212).

²² So heißt es in der *Anatomy of Trunks*: „The Third General Part of a Branch is the Pith. Which though it have a different name from the *Parenchyma* in the *Barque*, and the *Insertions* in the *Wood*; yet, as to its *Substance*, it is the very same with them both. Whereof there is a double evidence, *sc.* their *Continuity*, and the sameness of their *Texture*“ (Grew 1682, 119). Und im Anschluss daran: „I say therefore, [...] That as the *Vessels* of a *Plant*, *sc.* the *Aer-Vessels* and the *Lymphaeducts* are made up of *Fibres* [...] so the *Pith* of a *Plant*, or the *Bladders* whereof the *Pith* consists are likewise made of *Fibres*. Which is true also of the *Parenchyma* of the *Barque*. And also of the *Insertions* in the *Wood*. Yea, and of the *Fruit*, and all other *Parenchymous Parts* of a *Plant*. [...] Whence it follows, that the whole *Substance*, or all the *Parts* of a *Plant*, so far as *Organical*, they also consist of *Fibres*“ (ebd. 120–121). Der Vergleich verschiedener Pflanzenteile miteinander war bereits als Projekt in der *Idea* erwähnt worden (ebd. 10). Man beachte außerdem, dass trotz der oben erläuterten Unterschiede im Vorgehen auch die Früchte in diese Abstraktion miteinbezogen wurden.

einer Vereinfachung der tierischen Anatomie in den Pflanzen als Ausgangspunkt seiner Untersuchungen, und sah Abstraktion als einen zentralen methodischen Aspekt der Pflanzen-Anatomie, den er der bloßen Beschreibung einer großen Menge von Pflanzen entgegensetzte.²³ Dementsprechend hatte er gleichfalls aus seinen Beobachtungen für die einzelnen Teile der Pflanzen Grundstrukturen erarbeitet, denen er Bemerkungen zu spezifischen Besonderheiten bei einigen Pflanzen folgen ließ. Leichte Unterschiede zu Grew zeigen sich jedoch darin, wie Malpighi mit Abweichungen von diesen Strukturen umging: Im Anschluss an die Ausführungen zu Rinde, Holz, Splint und Mark von Stämmen erwähnte er Beobachtungen von einigen Gewächsen mit Stengeln, und unterschied somit grundsätzlich zwei Typen von Pflanzen.²⁴ Derartige Unterscheidungen galten jedoch jeweils nur hinsichtlich eines spezifischen Teils der Pflanzen. So wurde etwa die Rebe, unabhängig davon, dass sie zu den stengelförmigen Pflanzen zählte, als Beispiel für die allgemeinen Strukturen von Knospen und Blättern genannt, hinsichtlich ihrer Blüten hingegen wiederum als einer der Fälle, die von den einfacheren Formen abwichen.²⁵

Auch in der Zergliederung der Pflanzen selbst gingen beide Forscher unterschiedlich vor: Während Grew beispielsweise eine Kontinuität zwischen den Früchten und den anderen Teilen der Pflanzen bemerkt hatte, betonte Malpighi eher den Zusammenhang von Früchten und Samen, indem er beide als unterschiedliche Anordnungen der gleichen Elemente beschrieb.²⁶ Ferner bündelte er unter dem losen Begriff der Gehänge verschiedene Phänomene wie Weidenkätzchen, Pflanzengallen und Moose, also Pflanzenteile, die sich in Struktur und Auftreten stark voneinander unterschieden.²⁷ Schließlich thematisierte Malpighi die Wurzeln, denen Grew eine ganze Detailstudie widmete, in seiner *Idea* gar nicht als hauptsächlichen Pflanzenteil sondern nur beiläufig gegen Ende der Abhandlung, da sie seiner Ansicht nach lediglich eine Fortsetzung der Strukturen des Stamms darstellten. Im Gegensatz zu den spezifischen Unterschieden zwischen verschiedenen Pflanzen wurden al-

²³ „Etenim, servente aetatis calore, Anatomica agressus, licet circa pecularia fuerim sollicitus, in *perfectibus* tamen haec rimari sum ausus. Verum, cum haec propriis involuta tenebris obscura jaceant, simplicium analogismo egent; unde *Insectorum* indago illico arripit; quae cum & ipsa suas habeat difficultates, ad *Plantarum* perquisitionem animum *postremo* adjece, ut diu hoc lustrato mundo, gressu retroacto, Vegetantis Naturae gradu, ad prima studia iter mihi aperirem. [...] Nec, *Viri Doctissimi*, exactam & generalem in universum plantarum notionem sub assignatis generibus, propriisque speciebus retexere, & singulorum partes recensere est animus, (monebat enim *Theophrastus*, Plantam rem variam esse, inque universum de ea referre difficile:) Sed notiones Vegetantium apud nos partes, anatomicâ resolutione detectas, historicè, prout licebit, exponam, & quasdam circa ipsarum Oeconomicum usum cogitationes addam“ (Malpighi 1687, 1.1, 2).

²⁴ „Licet perpetuam Natura non servet in compangendis Vegetantibus normam, quaedam tamen conveniunt, vel saltem analogismo parum distare videntur; quare in Fructibus plures trunci, in Herbis ipsis multiples caules, interdum unus, vel saltem vicarius, deprehenditur. In *Vite* igitur, *rubo*, *vite alba*, & similibus, parum absimilibus observatur structura [...] Parum dispar occurrit in *apio rustico* partium compages [...]“ (Malpighi 1687, 1.4–5).

²⁵ „*Flores* igitur non longè à gemmarum situ eminent prope folii pediolum [...] Anticipata ipsorum productio in *moro*, *caepis*, &c. delineabitur [...] Etenim in quibusdam simplicioribus primò surculi substantia, ubi semen conditur, in ovale corpus extenditur, cujus tamen caro, seu pericarpium, in prima productione non patet, sed sensim augetur [...] In aliis foliorum & staminum exortus infra ovale corpus, semen condens, observatur, ità ut flos seminis capsulam regat, ut in *vite* & simil[ibus]“ (Malpighi 1687, 1.7). Zu den Knospen und Blättern siehe ebd. (1.5–6).

²⁶ „Subjectum seu contentum *semen* diversis capsulis seu involucris fovetur, quae *uteri* munus explent. In pluribus in fructum esui aptum excrescit, cujus partes exarabo, & primò pericarpium structuram, exordio sumpto à *ficu*, qui exterius cortice tectus reticulares fibrarum plexus unà cum contentis tracheis continet [...] In *fragaria* oppositus servatur situs, pericarpium enim interiora tenet, & semina exterius exhibet. In *nuce*, *amygdalis*, & similibus, pericarpium parum excrescit, quod adaucto semine contabescit [...] In pluribus *leguminibus* & *herbaceis* loco pericarpium siliqua extenditur [...]“ (Malpighi 1687, 1.8).

²⁷ „Praeter Semina, alia insuper observantur, ab arboribus & quibusdam plantis pendencia, ut *amentum*, *gallae*, *spongiola*, & villosi *tuberculi*, quorum peculiarem institutam sermonem“ (Malpighi 1687, 1.10).

so die Strukturen der Teile einer Pflanze auch in diesem Fall als kontinuierliche Fortsetzung voneinander verstanden.²⁸

Einerseits betonte Malpighi also stärker die Zusammenhänge der Pflanzenteile beziehungsweise stellte solche erst her, das heißt die Teile waren als Objekte weniger stark voneinander getrennt als bei Grew. Andererseits setzte Malpighi ausgehend von seiner Unterteilung der Pflanzen in seinen Untersuchungen deutlichere Schwerpunkte als Grew, weil ihm der Zusammenhang der Teile bestimmte Untersuchungen als entbehrlich erschienen ließ. Beide Punkte werden auch dadurch deutlich, dass Malpighi im Gegensatz zu Grew, der in dieser Hinsicht an seinem ursprünglichen Entwurf festhielt, in den Jahren nach der *Idea* eine neue Unterteilung der Pflanzen erarbeitete, die er schließlich seiner eigentlichen *Anatome plantarum* zugrunde legte: Nachdem erneut die Beobachtungen zur Rinde den Ausgangspunkt der Schrift bildeten, folgten nun die Untersuchungen von Holz und Mark nicht mehr getrennt voneinander, sondern immer im Zusammenhang als ganzer Stamm. Dies hatte zur Folge, dass die Stengel nun nicht mehr eine alternative Form zu den Stämmen darstellten, sondern eine „einfachere“ Form derselben und dementsprechend den ersten Teil der Beobachtungen bildeten.²⁹ Ferner wurde der Splint, welchem in der *Idea* noch eine wichtige Rolle beim Wachstum zugewiesen worden war, nun kaum noch beachtet, sondern diesbezüglich auf die Knoten an der Basis neuer Zweige verwiesen.³⁰ Gleichzeitig wurden Fruchtknoten und Samen nun doch getrennt voneinander untersucht, wobei vor allem letztere jetzt in verschiedenen Stadien des Wachstums und hinsichtlich der Wirkungen diverser Flüssigkeiten und Mineralien auf ihre Entwicklung beobachtet wurden.³¹ Und auch die verschiedenen „Gehänge“ wurden nicht mehr unter einem gemeinsamen Begriff zusammengefasst, sondern jeweils für sich untersucht, dabei aber auf verschiedene Weise mit anderen Pflanzenteilen in Verbindung gesetzt: Einige von ihnen wurden aufgrund ihrer Lage und einer ähnlichen Struktur als unfruchtbare Blüten interpretiert und dementsprechend in Zusammenhang mit letzteren abgehandelt.³² Die Pflanzengallen wurden hingegen in Verbindung mit den Samen gesetzt, da sie im Rahmen einer weitergefassten Analogie für die Insekten die Funktion des Uterus ausübten, so wie die Samen für die neu entstehenden Pflanzen.³³ Haare, Dornen

²⁸ „Plantas reliquaque vegetantia consimilia, Naturam *radicibus*, quibus alimonia trahitur, & illa firmantur, donasse, omnibus patet. Sunt autem *radices* in arboribus portio caudicis, qui divisus in ramulos, tandem in capillamente, solvitur; ita ut arbores nil aliud sint, quam fistulae exiguae disparatae, & per solum productae, quae sensim in fasciculos colliguntur, qui & ipsi ulterius aliis insignioribus uniti, tandem omnes sub uno, ut plurimum, cylindro collecti, truncum efformant, qui opposita extremitate, facta iterum fistularum separatione, brachia promit, & sensim subdivisis manipulis ex majoribus in minores, ultimo in folia extensione facta, postremum sortitur terminum“ (Malpighi 1687, 1.11). In Übereinstimmung damit heißt es nur wenig später: „Reliquarum Plantarum non dispar structura manifestabitur, expositis primò *leguminum* praecipuè *radicibus*, utpote simplicioribus [...]“ (ebd. 1.12).

²⁹ „Avulso lustratòque cortice, *caudicis* seu *caulis* corpus occurrit, quo arboribus & herbis firmitas conciliatur. [...] Simplicior igitur contextura in tenellis caulibus herbarum occurrit, & praecipuè in *Portulaca majori* [...]“ (Malpighi 1687, 1.24).

³⁰ Malpighi (1687, 1.35–40).

³¹ Zu den Fruchtknoten siehe Malpighi (1687, 1.77–85), zu den verschiedenen Stadien der Samen ebd. (1.71–75, 87–91, 97–106) und hinsichtlich der Wirkung verschiedener Stoffe auf das Wachstum ebd. (1.106–109).

³² „Faecundos flores hucusque scrutati sumus: Naturae tamen mos est, velut animalibus quibusdam accidit, subventaneos & infocundos edere. Et sicut in exaratis floribus, partes in gratiam inclusi uteri (foecundi tamen) circumlocantur; ita in quibusdam herbis & arboribus, justo divortio, florem longè ab utero non solum pendere voluit Natura, quasi subventaneum ovum, cum nullum relinquat post semen; sed ulterius distincta plantarum specie, quasdam infocundas reddidit, his tantum contentas floribus, reliquas verò utero ditavit. In *mori* pluribus individuus [...] flores omnes amentacei sunt [...]“ (Malpighi 1687, 1.66).

³³ „Nec solis perfectis animalibus hoc ipsa [i.e. Natura] indixit, ut vicissim scilicet in mutuam sibi cadant alimoniam; sed insectis, immundisque animalculis, parato ipsis quasi optimo plantarum patrimonio, talem elargita est solertiam;

und Ranken wurden hingegen als Teile mit einer Funktion für die Pflanze selbst verstanden und dementsprechend mit losem Bezug aufeinander, aber auch im Zusammenhang mit den Pflanzenteilen untersucht, in deren Nähe sie wuchsen.³⁴ Kaum betroffen von derartigen Veränderungen war jedoch die Beschäftigung mit den Wurzeln, die erneut erst am Ende des Textes erfolgte und auf die strukturelle Identität mit dem Stamm hinwies.³⁵

Auch diese neueren Beobachtungen Malpighis waren durch die paradoxe Tendenz geprägt, einerseits die pflanzlichen Strukturen möglichst auf essentielle Bestandteile zu reduzieren, zugleich aber auch die Spezifika einzelner Pflanzen zu berücksichtigen. In vielen Fällen kam er nun diesbezüglich zum Schluss, dass es sich bei bestimmten spezifischen Formen innerhalb der Pflanzen nicht um funktionale Teile sondern um zweitrangige oder zufällige Erzeugnisse handeln würde. Besonders deutlich wird dies bei den würfelförmigen Körpern, die er beispielsweise in der Eichenrinde gefunden hatte und nun als eine nebensächliche Struktur, nämlich als Verfestigungen von Pflanzensäften, interpretierte. Aber auch hinsichtlich der Struktur des Holzes und der Blüten wurden nun einige Strukturelemente als krankhafte oder monströse Bildungen eingestuft.³⁶ Somit beschrieb Malpighi zwar einerseits weiterhin möglichst deutlich die Besonderheiten einzelner Pflanzen, andererseits wurden diese Besonderheiten nun doch dem Streben nach einer Idealstruktur untergeordnet.

Zugleich versuchte Malpighi im Gegensatz zu Grew weiterhin Entsprechungen zwischen pflanzlicher und tierischer Anatomie aufzuzeigen. Dabei ging er auf zwei Ebenen vor: Erstens stellte er Analogien auf, welche sich auf die Fortpflanzung bezogen. Die Zuweisung der Rollen von Uterus, Ei und Foetus konnte dabei jedoch in den unterschiedlichen Kapiteln wechseln, je nachdem welcher Pflanzenteil im Mittelpunkt der Beobachtungen stand.³⁷ Zweitens bemühte sich Malpighi, ausgehend von strukturellen Ähnlichkeiten zu zeigen, dass Pflanzen und Tiere über Organe mit gleicher Funktionsweise verfügten: Die Schläuche im Mark des Holzteiles würden vermutlich Herz und Hirn entsprechen, während der eigentliche Holzteil in verschiedener Hinsicht mit Knochen vergleichbar wäre und vermutlich durch einen analogen Wachstumsprozess entstünde. Zudem schloss Malpighi aus den oft zu beob-

ut non solum ab ipsis quotidianum exigant victum; sed expositis propriis foetibus vicarios uteros, indéque altrices quasi mammas, plantas ipsas praebere cogant“ (Malpighi 1687, 1.112).

³⁴Malpighi (1687, 1.136–140).

³⁵Malpighi (1687, 1.145).

³⁶In der *Idea* waren diese Würfel als Teil der Struktur von Eiche erwähnt worden: „In *quercu, alba populo, & castaneis*, observantur multiplicia quaedam corpora, tesserarum instar, oblongioris tamen figurae, cum obtusis angulis, quorum moles pluribus sacculorum ordinibus horizontaliter locatis coagmentatur, & dum arctè lignis fibris haerent, ipsarum areas replent“ (Malpighi 1687, 1.2). In der *Anatome* findet sich dann nach einer ähnlichen Beschreibung (ebd. 1.21) folgende Interpretation: „unde in quibusdam vegetantium utriculis, praeter inutilem transpiratum, debitae succedunt praecipitationes, tartarea praecipuè marteriae, non dispati ritu, ac fit in elicitis quibusdam vegetantium succis, diu in naturam vini fermentatis, à quibus tartarea praecipitatae partes, circa continentis vasis superficiem subsidentes, concresecunt. Hujus itaque concretionem continentium utriculorum ordines petrificantur, ut in *quercus, populique cortice, tesserarum sub forma, admirati sumus*“ (Malpighi 1687, 1.23). Zu ähnlichen Interpretationen in den Strukturen von Holz und Blüten siehe ebd. (1.20–34, 60–61).

³⁷Schon die Knospen wurden von Malpighi mit Foeten beziehungsweise Insektenlarven verglichen (Malpighi 1687, 1.39, 46, 55), während die Blätter ihm wie eine besonders fruchtbare Placenta erschienen (ebd. 1.48). Es folgte eine Gleichsetzung der Blüte mit dem Uterus (ebd. 1.59–60) während Kätzchenblüten mit unfruchtbaren Eiern verglichen wurden (ebd. 1.66–68). Schließlich aber sollten die Samenhüllen der Nachgeburt, die Samen-Pflanzen dem Foetus und der Fruchtknoten dem Uterus entsprechen (ebd. 1.71–75, 77, 87–88). Sobald das Wachstum eingepflanzter Samen untersucht wurde erschien hingegen eine Analogie zu ausgebrüteten Hühnereiern passender (ebd. 1.97), wahrscheinlich auch deswegen, weil Malpighi zwischen den beiden Teilen der *Anatome plantarum* auch Untersuchungen zur Zeugung an Hühnereiern durchgeführt hatte.

achtenden Verbindungen von Gefäßen, dass es in den Pflanzen auch einen Prozess geben müsste, der dem Blutkreislauf entspräche.³⁸

Sowohl Grew als auch Malpighi hatten also ausgehend von längerfristig durchgeführten Beobachtungen an Pflanzen, die zumindest zum Teil durch die Idee von Analogien zu anderen Lebewesen motiviert worden waren, Wege finden müssen, um mit der zunehmenden Menge an Details umzugehen. Dabei versuchten beide auf unterschiedliche Weise und in unterschiedlichem Maße, aus den spezifischen Befunden ihrer Beobachtungen auf abstrakte Strukturen und Prozesse zu schließen. Auffällig ist dabei, dass Analogien in Malpighis Fall eine so wichtige Rolle spielten, dass sie trotz ihrer zum Teil deutlichen Inkohärenz mit in seine Schriften aufgenommen wurden.

3.1.4 Analogien als Leitfaden der Beobachtungen

Die Vorstellung von Entsprechungen in der Anatomie von Tieren und Pflanzen waren auch die Motivation hinter dem Großteil von Leeuwenhoeks Pflanzen-Beobachtungen: Bereits im Juni 1674 behauptete er, dass Pflanzen in gleicher Weise wachsen würden wie die menschliche Haut; eine Analogie, die er noch im April 1686 durch weitere Details ausbaute.³⁹ Noch deutlicher wirkte sich diese Idee allerdings bei denjenigen Untersuchungen von Holz, Rinde und Blättern aus, die auf deren innere Struktur abzielten. Nach einigen Andeutungen sprach Leeuwenhoek ab dem März 1675 ausgehend von Beobachtungen an Eichenblättern explizit davon, dass in den Stämmen und Blättern von Pflanzen eine Zirkulation stattfände wie sie von Medizinern für das Blut angenommen wurde.⁴⁰ Diese Analogie wurde zunächst der

³⁸ „Medullae usus olim insignis, cordi & cerebro analogus credebatur; transversales autem ordines, unâ cum medulla, conspicuo & communi usui inservire necesse est“ (Malpighi 1687, 1.30). – „Adhuc haereo, an Natura in ossium productione primò stamina, filamentorum speciem referentia, ducat, quae in rete implicita plana efforment, haecque tractu temporis solidiora reddantur, disperso ulteriori humore, qui & interstitia repleat, & ossea reddat? [...] Horum & similium indagine probabiliter suspicari possumus, fibris & transversalibus utriculorum ordinibus, quibus lignum contextitur, peculiarem affundi succum [...] cujus corporaturâ & concretionem varia firmitas & durities ligno comparatur“ (ebd. 1.37). Zur Zirkulation siehe ebd. (1.29–31, 55).

³⁹ „De Opperste Huijt van ons lichaem, die ongevoelich is, bestaet uijt ronde deeltgens off schibbetgens [...] en ik heb mijn selven ingebeelt, dat de continuele groeiinge vande opperste huijt aldus toegingh, als bij Exempel, men leijt op een wit pampier een seer klijn droppeltge gomwater, welck water in weijnich tijt sal wegh wasemen, ende sal de gom de superfities behouden van het droppeltge [...] en diergelijcke manier van Wasdom, heb ick voordes geseijt, dat inde planten mede plaets heeft alleen met dit onderscheijt, dat als de superfities van een vochtich clootge, dat uijt de plant wort uijtgestoten, een weijnich stijff is geworden, dat dan uijt de bovenste vande superfities de vochticheijt wert uijtgedreven, ende dat dil continuel. wert vervolghet. Sodanige voortsettinge van Wasdom, imagineer ick datmen eenichsints can sien, inde pit van het hout, inde kurck, int pit van vlier, alsmede int wit van een schrijffpen [...]“ — „The *Cuticula* or uppermost Skin of our Body consists of round parts or small scales [...] And I fancy that the continual growth of this *Cuticula* is made in this manner: If, for example, you let fall upon a white paper a little drop of Gum-water, the water will in a little while steam away, and the Gum will keep the surface of the drop [...] And the like manner of growing I have formerly said to have place in *Plants*; only with this difference, that, when the superficies of a moist Globul, which is driven out of the Plant, is become somewhat stiff, the moisture is then propelled out of the upper end of the plant, and that by continual succession. Which kind of progress of growing I apprehend may in some manner to be seen in the Pith of *Wood*, in *Cork*, in the Pith of the Elder, as also in the White of a Quill [...]“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.112–115). S.a. die vorigen Bemerkingen zum Wachstum von Pflanzen (ebd. 1.50–53).

⁴⁰ „in het ribbetge van het blad siende j imagineerde ick mij, dat niet alleen inde stam, ofte tacken, van den boom, een circulatie was, maer dat nootsaekelijck, de circulatie in het blad mede moste sijn [...] Wij connen inde afdrucksels, vande geseijde bladeren seer klaer, met het bloote oog sien, hoe dat meest doorgaens, de cleijne ribbetgens, aen en in malcanderen responderen, als oock mede de heel kleijne ribbetgens, die niet te kennen sijn, als door en microscope, welcke vereenige vande geseijde ribbetgens, onnodich soude wesen, soo daer geen circulatie en was. en alhoewel eenige medicijns alsnoch halstarrich ontkennen de circulatie van het bloet, om datmen het haer niet

zentrale Bezugspunkt für Leeuwenhoeks Beobachtungen, im Juni 1692 revidierte er jedoch explizit seine Aussagen zur Zirkulation in Blättern, nachdem er bei Untersuchungen von Insektenflügeln festgestellt hatte, dass sich in diesen die Gefäße nicht zu einem Netzwerk miteinander verbanden. Analog dazu gäbe es auch in den Pflanzenblättern nicht, wie zuvor beschrieben, zwei Arten von Gefäßen in Entsprechung von Venen und Arterien, sondern nur eine einzelne.⁴¹ Im August desselben Jahres stellte er dann ausgehend von Beobachtungen an Rinderaugen auch seine bisherigen Beobachtungen zur Struktur dieser Pflanzengefäße in Frage und bewertete anschließend ihre Funktionen neu. Die Beobachtungen an verschiedenen *anderen* Objekten hatten also über einen mittelfristigen Zeitraum einen umfassenden Perspektivwechsel herbeigeführt. Wiederum waren Analogien Ausgangspunkt und (instabiles) Ergebnis der Beobachtungen.⁴²

ooghschijnl. en kan bewijzen. Ick kan mede niet naerlaten, hoe wel het bij eenige belachelijk sal sijn, de ribbetgens in een bladt, eensdeels bij de aderen in ons lichaem te vergelijken, Ick stel dan de groote ribben, in het bladt, bij de groote aderen die in ons lichaem sijn, ende de kleinje ribbetgens, vergelijk ick bij de kleinje aderen, die uijt de groote aderen haer begin hebben, ende die eijntelijc in soo kleinje tacxjens verdeelt worden, dat wij die nauwlijcx met ons oog, connen bekennen, ende de alderkleijnste ribbetgens, die in het bladt sijn, ende die niet te kennen en sijn, als door een microscope, die stel ick bij de seer kleinje aderkens, die inde seer dunne vlijsjens sijn, waer in dat de striemtgens vlees, als in geweven leggen, van dese vlijsjens heb ick^f veele soo dun van het vlees genomen, dat deselve nauwjl. met het oog waren te kennen, ende deselvige vlijsjens voor mijn microscope brengende, heb ick soo veel aderkens, inde selvige ontdect, als off wij met ons oog, een gedeelte van een Omentum van een beest aenschoude, ende daer in remarqueerde de striemen ende aderen [...]“ — „Seeing those two kinds of pores I came to believe that there is not only a circulation in the trunk and branches, which I put before my microscope and caused to be drawn, but that in the leaves also a circulation must take place. [...] In the impressions we can see very clearly with the naked eye how the small ribs of the leaves are intertwined and also the very small ribs that are only visible through a microscope. This interlacing of ribs would be unnecessary if there were no circulation, albeit some physicians deny obstinately the circulation of the blood because it cannot be proved visibly. I cannot omit comparing the ribs of a leaf with the veins or our body, though perhaps it may appear ridiculous to some people. The small ribs I compare with the small veins that spring from the larger veins and that are divided into branches so small, that we can hardly see them with the eye, and the smallest ribs of the leaves that can only be seen through a microscope can be compared with the very small veins that are in very subtle membranes in which the flesh appears as if it had been woven. I have taken membranes from the flesh so thin as to be hardly visible to the eye and putting these membranes under my microscope I discovered as many veins in the same as if we looked with the naked eye at a part of the omentum of a cow and saw therein the veins and straps“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.286–289). Für frühere, weniger explizite Bemerkungen siehe ebd. (1.272–275).

⁴¹ „Vorders heb ik in gedagten genomen, of de bloet-vaaten, die inde geseijde wieken sijn, niet en bestonden uijt arterien en venae. Dog ik heb niet konnen sien, datter meer dan eenderleij vaaten, door de wieken liepen [...] Wijders stelde ik vast, datter geen circulatie van het bloet inde wieken was, en dat dese bloet-vaaten, dat sekerlijk Arterien waren, alleen waren gemaakt, om de wiek met alle desselfs menigvuldige veeren, tot de volmaaktheit te brengen, en vorders, om et bloet seer langzaam door de vaaten te voeren, om alsoo na de volmaaktheit vande wiek, deselve een weijnig voetsel toe te senden. [...] Ik kan niet na laten hier bij te voegen, dat ik voor desen verscheijde devoiren hebbe aan gewent, om tweederleij soort van vaaten, inde bladeren vande boomen, als andere bladeren, te ontdekken, om daar door na te spueren, of^{er} een circulatie inde bladeren was, dog ik hebbe niet dan eene soort van vaaten, die het sap toe voeren, konnen sien. [...] In somma dan, de Wieken vande hier vooren verhaalde vliegende schepsels, nog de bladeren en vrugten vande boomen, en hebben geen circulatie van sappen noodig.“ — „I then considered whether the blood-vessels in the said wings did not consist of arteries and veins. But I could not see that there were vessels of more than one kind running through the wings [...] I further assumed it to be certain that there was no circulation of the blood in the wings and that these blood-vessels, which were undoubtedly Arteries, were solely intended to develop the wing with all its numerous feathers to its perfection, and further to conduct the blood very slowly through the vessels, so as to supply some nourishment to the wing when it was fully developed. [...] To sum up, neither the Wings of the aforesaid flying creatures nor the leaves and fruits of trees require any circulation of saps“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 9.62–65).

⁴² Nachdem er seine neuen Beobachtungen explizit mit seinen Untersuchungen an Rinderaugen in Verbindung gesetzt hatte (Leeuwenhoek 1939–1999, 9.80–91) schrieb Leeuwenhoek zur Funktion der Gefäße: „Ik hebbe veel maal mijn gedagten laten gaan, op de horisontale Hout-pijpijens (die ik voor desen vaaten hebbe genoemt) nament-

Ein detaillierteres Programm für Pflanzen-Beobachtungen, wie es Grew und Malpighi an einem bestimmten Punkt jeweils entwarfen, stellte Leeuwenhoek scheinbar nie auf. Vielmehr ging er eher von einzelnen, nur lose miteinander verbundenen Fragestellungen aus, ohne eine umfassende Pflanzen-Anatomie anzustreben. Einerseits wurden die Beobachtungen dementsprechend auch weniger stark durch eine Zergliederung der Pflanzen geprägt als bei Malpighi und Grew.⁴³ Andererseits thematisierten Leeuwenhoeks Beobachtungen die Pflanzen nicht nur in ihrer Form als Gewächse, sondern auch als Stoffe, die als Genussmittel, Medikament oder Baustoff verwendet wurden. Demgemäß zielten diese Studien darauf ab, besondere Eigenschaften der Pflanzen besser zu verstehen: Bereits in einer der ersten Beobachtungen von Holz wurde das auffällig unterschiedliche Gewicht von Kiefer im Vergleich zu Eiche und Esche erwähnt und passend hierzu in einem späteren Brief auf die unterschiedliche Verwendbarkeit verschiedener Hölzer zum Bau von Schiffen und Fässern verwiesen. Und auch bei Muskatholz und der Rinde von Zimt wurde das Interesse an spezifischen Eigenarten als Motivation für ihre Untersuchung angeführt.⁴⁴ In gleicher Weise wurde auch Moxa, ein wollähnlicher Pflanzenstoff, der als Heilmittel auf Körperteilen verbrannt werden sollte, die von Gicht befallen waren, vornehmlich im Kontext seiner An-

lijk, op wat wijze die mogten groot gemaakt werden, en [...] hoe die van een continuele voetsame stoffe mogten versien werden [...] Hoe veel observatie ik tot dit onderzoek te weeg hadde gebragt, soo en hebbe ik mijn selven niet konnen voldoen, als nu in mijn laatste observatie, wanneer ik quam te sien, dat die seer kleijne stipjens of punctagtige deelen, die ik op veel plaatsen inde op gaande Hout-pijppens hadde ontdekt, ende die ik voor globule hadde aan gesien, inder daat geen stipjens, maar dat het waarlijk kleijne ronde openingen waren. [...] Dit siende stelde ik vast, dat dit de kleijne openingen waren, waar door niet alleen, de horisontale Hout-pijppens aan de op gaande Hout-pijppens, mogten sijn vereenigt, maar ik heb ook in gedagten genomen, of de op gaande Hout-pijppens niet veele wel lugt vaaten mogten sijn, ende dat dese op gaande Hout-pijppens te gelijk lugt en voetsame stoffe, aan de Horisontale Hout-pijppens, soo danig souden verschaffen [...] — „I have frequently thought about the horizontal Wood-pipes (which I previously called vessels), namely, in what way they may have grown; and [...] how they could be supplied continually with a nutritive substance [...] However many observations I made for this investigation, I was unable to satisfy myself, except in my latest observations, when I saw that those very small dots or point-like particles which I had discovered in many places in the vertical Wood-pipes and which I had taken to be globules in actual fact were not dots, but in reality were small round holes. [...] on seeing this, I concluded not only that these were the small holes through which the horizontal Wood-pipes may be connected with the vertical Wood-pipes, but I also considered whether many of the vertical Wood-pipes may not be air-vessels, and these vertical Wood-pipes may not supply at the same time air and nutritive substance to the Horizontal Wood-pipes [...]“ (ebd. 9.90–93). Im gleichen Brief heißt es später: „Na dat ik dan alles wat ik dagt dat voor mij inde Bies was te beschouwen, hadde door sogt, heb ik vast gestelt, datter nog in verscheijde soort van Hout, vaaten waren, die bij mij niet en sijn ontdekt, en dat [...] alle op gaande vaaten, bij mij tot nog toe in 't Hout ontdekt, de meeste vande selve geen Bloet-vaaten, ofte arterien of anders vaaten, die de stoffe toevoeren, maar alleen lugt-vaaten sijn.“ — „After I had examined everything that I thought there was for me to observe in the Rush, I assumed that there were also vessels in several species of Wood which I have not yet discovered, and that [...] most of the vertical vessels so far discovered by me in Wood are not Blood-vessels or arteries, or to put it differently, vessels supplying the substances, but merely air-vessels“ (ebd. 9.106–107).

⁴³Holz und Rinde wurden zumeist im Zusammenhang miteinander untersucht (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.4–13, 28–33; 3.150–181, 184; 6.30–33, 122). Die Wurzeln wurden hingegen wiederum kaum beachtet: Nach einigen kurzen Bemerkungen im August 1673 beschäftigte sich Leeuwenhoek erst im September 1687 noch einmal mit ihnen, als er die Eier von Schnecken untersuchte (ebd. 1.52; 12.182, 188–193).

⁴⁴Zu den Baustoffen siehe Leeuwenhoek (1939–1999, 1.46–53; 6.146–157), zu Muskatholz ebd. (10.212–223) und zu Zimt ebd. (2.14–19, 28, 34; 15.334).

wendung untersucht, auch wenn die Beobachtungen Vergleiche mit entsprechenden Stoffen bei anderen Pflanzen enthielten.⁴⁵

Während diese Beobachtungen weiterhin auf die Strukturen der jeweiligen Pflanzen abzielten, veränderten in anderen Fällen die Umstände, in denen pflanzliche Produkte verwendet wurden, die Perspektive auf die Objekte in größerem Maße: Zwar betonte Leeuwenhoek in seinen ersten Beobachtungen zu Pfeffer 1675 zunächst die Ähnlichkeit zu anderen Pflanzensamen, die er seit dem Vorjahr untersucht hatte, denn er stellte fest, dass auch sie aus Globuli bestünden. Zugleich versuchte er aber auch, durch verschiedene Verfahren besondere Partikel in den Körnern nachzuweisen, um den Geschmack des Pfeffers zu erklären. In gewisser Weise war nun nicht mehr der Samen einer Pflanze das Objekt der Beobachtung, sondern ein Gewürz. Dies wird auch durch die im nächsten Jahr folgenden Beobachtungen deutlich, in denen neben Pfeffer auch Ingwerwurzeln, Nelkenblüten und Nusschalen untersucht wurden.⁴⁶ Es wurden also letztlich ausgehend von ihrer ähnlichen Verwendung verschiedene Pflanzenteile bezüglich ihrer stofflichen Eigenschaften miteinander verglichen; eine Perspektive, die auch für spätere Beobachtungen bestehen blieb, die Kaffeeseamen, Chinarinde, Tee, Tabak sowie einige aus Asien importierte Gifte und Medikamente umfasste, die aus Pflanzen gewonnen wurden.⁴⁷

Unabhängig von diesen Untersuchungen berichtete Leeuwenhoek auch umfassend über Versuche, das Wachstum und die Fortpflanzung von Pflanzen anhand ihrer Samen zu erforschen. Auch hier prägten Analogien beziehungsweise Untersuchungen von anderen Objekten seine Beobachtungen: Nachdem frühe Beobachtungen zunächst ergeben hatten, dass alle Pflanzensamen aus Globuli bestünden, berichtete Leeuwenhoek im Mai 1677 kurz über Gefäße, die er in den Samen und Früchten verschiedener Pflanzen gefunden hätte. Bemerkenswerterweise beschrieb er nur wenige Monate später in identischer Weise, wie er in der menschlichen Samenflüssigkeit eine Ansammlung von Gefäßen erkannt hätte, aus denen sich der spätere Körper bilden würde.⁴⁸ Die in den Samen enthaltene Keimpflanze erwähn-

⁴⁵Leeuwenhoek untersuchte Moxa 1677 und 1684: Die ersten Beobachtungen konzentrierten sich auf einen Vergleich mit Baumwolle und anderen ähnlichen Stoffen (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.229–233), spätere Beobachtungen bezogen den Tophus, der sich an den Gelenken von Gichtkranken bildet mit ein (ebd. 4.280–287; s.a. die weiteren Beobachtungen derartiger Tophi ebd. 3.86–97, 114–123, 142; 7.258–269; 8.214–223).

⁴⁶Im Februar 1675 schrieb Leeuwenhoek an Oldenburg: „De peper bij mij geobserveert, heb ick bevonden te bestaen uijt seer kleijne globule, die in cleijnheijt de globule van eenige saden, bij mij tot dees tijt besichticht, schenen te overtreffen, ick heb goet gedacht, een weijnich peper in regenwater te leggen [...] Ick heb een weijnich peper, door het vuijer ten deele laten wegh roocken, ende dese roock vangende en observerende, heb ick gesien, dat deselvige bestont uijt globule-achtige deeltgens, even als off wij ons inbeelden een druppel water, ende dat deselvige druppel water een ingeboge ront putte boven op het opperste van het water hadde [...]“ — „I observed pepper and found it to consist of very small globules , much smaller than the globules of any seed that I have observed. I put some pepper in rainwater [...] I caused some pepper to evaporate in the fire and gathering this smoke I found it to consist of globule-like particles as if a drop of water had a little depression in its top [...]“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.264–265). Für frühere Beobachtungen siehe ebd. (1.193). Während bei einer Untersuchung von Manna die Samen ebenfalls erwärmt wurden (ebd. 1.314), verlegte sich Leeuwenhoek nach den Beobachtungen an Zimtrinde wieder darauf, den zu untersuchenden Stoff in Wasser einzuweichen, da ihn die beobachteten Formen an Salz erinnerten (ebd. 2.14–19). Im Oktober 1676 weitete er die Beobachtungen auf die erwähnten anderen Gewürze, Weizen und Nüsse aus (ebd. 2.90, 134–143, 142, 145, 150–153), und entdeckte dabei im Wasser eine Vielzahl von Animalcula. Siehe hierzu unten S. 108–114.

⁴⁷Leeuwenhoek (1939–1999, 6.236–249; 7.156–173; 8.250–261; 12.12–19; 15.46–61; 15.284–297).

⁴⁸„Gelijc ick hier vooren verhaelt heb, hoe dat veele aderkens bij den anderen leggen, en haer vertoonen als off het een ader was, dit is mij niet alleen voort gecomen int Ruggemergh en soo nu en dan wel inde schorsachtige deelen vande Hersenen, Maer selfs oock inde Vruchten en Saaden, en voornamentl. inde aderen die inde Karstanje leggen, Alsmede inde harde bast, en in het dun schilletge, dat om den amandel leijt, inde tweede bast vande swarte peper,

te Leeuwenhoek erst im Mai 1679, also fünf Jahre nachdem er seine ersten Beobachtungen an Pflanzensamen erläutert hatte und acht Jahre nach den ersten pflanzen-anatomischen Schriften von Malpighi und Grew. Danach nahm er scheinbar zunächst keine weiteren Untersuchungen an Pflanzensamen vor, sondern erwähnte diese nur noch im Kontext von Analogien, mit denen er versuchte die Zeugung von Tieren aus *Animalcula* zu erklären.⁴⁹ Als er allerdings 1685 damit begann, die Uteri verschiedener Säugetiere zu untersuchen, nahm er auch seine Beobachtungen an Pflanzen wieder auf, die nun dementsprechend den Schwerpunkt auf die Form der enthaltenen Pflanze und ihre Beziehung zu den Membranen, die sie umgaben, legten. Wiederum war also die Perspektive der Beobachtungen durch Studien an anderen Objekten verändert worden.⁵⁰

Zudem ist in diesen späteren Beobachtungen deutlich die Intention erkennbar, alle Samen auf eine identische Grundstruktur zurückzuführen und die Reproduktion der Pflanzen als einen einheitlich ablaufenden Prozess darzustellen.⁵¹ Wesentliche Unterschiede, die Leeuwenhoek im Aufbau der Samen feststellte, führten dabei in der Regel zu weiteren, spezialisierten Beobachtungen: Laut eigener Aussage hatte sich Leeuwenhoek so intensiv mit der Frage beschäftigt, in welchen Samen ein mehlig-ölicher Nährstoff zu finden sei beziehungsweise fehlte, dass er bereits vor dem Öffnen der Samen eine ziemlich sichere Voraussage diesbezüglich habe treffen können.⁵² Auch die Entdeckung, dass in Orangen- und

jnde harde bast vande Haesnooten, in het sacht schilletge, dat van binnen, tegen de harde bast, vande Haesnoot leijt. ende in het sachte basje, dat de Pit vande selve noot omvanght, alwaer ick wel 15. à 20. seer dunne vaatgens bij den anderen heb sien leggen. Ende noch in het schilletge, dat om de pit vande Walnoot leijt.“ — „I have already mentioned that many small veins lie close together and seem to be only one vein. I have observed this not only in the spinal marrow and occasionally in the cortical parts of the brain, but even in fruits and seeds, principally in veins in chestnuts; also in the hard shell and in the thin skin enclosing an almond, in the second rind of black pepper, in the hard shell of hazelnuts, in the soft skin lining the hard husk, and in the soft rind enveloping the kernel. In these I observed as many as 15 or 20 very thin vessels lying close together. Also in the skin enveloping the kernel of a walnut“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.226–227). Zu den vermeintlichen Gefäßen im menschlichen Samen s.u. S. 111–114.

⁴⁹Leeuwenhoek (1939–1999, 3.42–43; 4.12–19).

⁵⁰Siehe die Beobachtungen an Apfelkernen und Bohnen (Leeuwenhoek 1939–1999, 5.208–211) unter Berücksichtigung der im gleichen Brief erläuterten Untersuchungen der Gebärmütter von Hunden, Schafen, Hasen und Rindern. Es folgten umfangreiche Beobachtungen einer Vielzahl verschiedener Pflanzensamen (ebd. 5.216–269, 281–311; 6.4–13, 70–81, 90–101, 226–237, 252–307; 7.372–387).

⁵¹„[...] so sullen wij daar benevens haast kunnen begrijpen, dat de voorsigtige Natuijr in alle hare Werckingen, en voornamentlijk ontrent de voorttelingen op gelijke manier te werke gaat: want alle Zaaden van boomen en planten, en moeten niet alleen in haar hebben het begin vande plant; maar de Zaaden moeten daerenboven met een witte stoffe versien sijn [...] om dat deel van het Zaad, dat tot een boom of plant sal worden [...] te voeden [...]“ — „[...] then we shall perhaps also understand that provident Nature, in all her workings, and especially with respect to production, proceeds in one and the same manner. For, all seeds of trees and plants must have inside them not only the beginning of the plant; but the seeds must, in addition, be provided with a white substance [...] to nourish that part of the seed which will become a tree or a plant [...]“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 5.230–233). S.a. die anschließenden Bemerkungen zur Sexualität von Bäumen und die Vergleiche mit der tierischen Fortpflanzung (ebd. 5.232–239, 246–255) sowie die widersprüchlichen Aussagen zur Fortpflanzung über Ableger (ebd. 5.302–305; 11.323).

⁵²„[...] en ik en twijffel niet bij aldien ik de Zaeden van bloemen ondersogt, of ik soude onder deselve veele Zaeden vinden, die niet anders in haer besloten soude hebben als de jonge planten, waer van ik al verscheijde proeven tsedert enige maenden hebbe genomen [...] en ik ben nu soo verre gecomen, dat het mij weijnig gemist heft, of ick hebbe alleen met het beschouwen vande buijten schors vande Zaeden connen Oordelen, off de Zaeden, alleen in haer besloten hadden, de jonge plant, dan of de jonge plant in een meelagtige stoffe lag.“ — „[...] I do not doubt that, if I should examine the Seeds of flowers, I should find among them many Seeds that would have nothing else inclosed within them but the young plants; of this I have already taken many proofs since a few months ago [...] and I have now come so far that I have seldom failed to be able to make a Judgement, from merely observing

Zitronensamen jeweils mehrere Samen-Pflanzen zu finden waren, hatte eine größere Anzahl an weiteren Beobachtungen zur Folge.⁵³ Bei den Samen von Muskat und Mispel wurden umfangreichere Untersuchungen hingegen notwendig, weil ihre jeweiligen Spezifika zu erschwerten Beobachtungsbedingungen führten.⁵⁴ In all diesen Fällen wurde, obwohl die Idee einer einheitlichen Grundstruktur aller Pflanzensamen zuvor durch viele Beispiele untermauert worden war, viel Arbeit darauf verwendet, Abweichungen zu untersuchen, damit diese letztendlich zu Ausnahmen erklärt werden konnten, welche sich auf den Prozess der Fortpflanzung nur in geringem Maße oder überhaupt nicht auswirkten.

Leeuwenhoek glich also Malpighi und Grew insofern, als auch seine Beobachtungen zunächst nach einer Abstraktion pflanzlicher Strukturen beziehungsweise einer Reduktion auf Grundelemente strebten, er stellte jedoch weder ein Programm für seine Forschung auf, noch beschäftigte er sich mit den Zusammenhängen zwischen verschiedenen Pflanzenteilen. Stattdessen folgten seine Untersuchungen situationsabhängigen Einzelfragen, was einerseits dazu führte, dass Pflanzen ausgehend von ihrer Verwendung durch den Menschen zuweilen auch wieder unter dem Gesichtspunkt ihrer stofflichen Eigenschaften studiert wurden. Andererseits wurden die Beobachtungen so wesentlich stärker durch Analogien und die zeitgleich vorgenommenen Untersuchungen an anderen Objekten geprägt. Für Leeuwenhoek waren also Analogien bewusster Ausgangspunkt und Erklärungsmodus. Ihre Ambivalenz betand diesbezüglich aber nicht nur in einer wechselhaften Interpretation hinsichtlich der Funktion von Strukturen, sondern auch darin, dass für Pflanzen mehrere verschiedene Zusammenhänge mit anderen Objekten konstruiert werden konnten.

3.1.5 Zusammenfassung

Insgesamt hatte sich der Umgang mit Pflanzen als Objekten von mikroskopischen Beobachtungen also grundlegend verändert: Während erste Untersuchungen vor allem darauf abzielten, die spezifischen Eigenheiten von einzelnen Pflanzen zu dokumentieren, wurde in späteren Beobachtungen vor allem versucht, Abstraktionen pflanzlicher Strukturen zu erarbeiten und diese über Vergleiche und Analogien mit anderen Objekten zu verbinden. Einerseits waren diese Analogien angestrebtes Ziel und Ergebnis der Beobachtungen, andererseits wiesen sie in vielen Fällen eine auffällige Mehrdeutigkeit auf. Ihre heuristische Stärke lag also eher in der Stimulanz von Beobachtungen und weniger auf der Ebene der Erklärung von Phänomenen. Hier ist vermutlich auch die Ursache dafür zu suchen, dass die Beobachtungen sich zunehmend von traditionellen Kontexten entfernten, und auch die eigens aufgestellten Programme zur Gestaltung der Forschung modifiziert beziehungsweise aufgegeben wurden: Die Analogien, die basierend auf den Beobachtungen aufgestellt wur-

the outermost coat of the Seeds, whether the Seeds had inclosed within them only the young plant, or whether the young plant lay in a flour-like substance“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 6.306–307). Zur Funktion dieses Stoffes und seiner Abwesenheit in einigen Samen s. a. ebd. (6.224–229, 238–241).

⁵³Leeuwenhoek (1939–1999, 14.218–241) erwähnte 1703 explizit häufigere Beobachtungen an Samen von Zitrusfrüchten, das Phänomen der Polyembryonie hatte er jedoch schon 1687 bei Kaffee und Hafer festgestellt, ohne dass dies umfangreichere Studien nach sich gezogen zu haben scheint (ebd. 6.226, 272).

⁵⁴Muskatsamen waren bereits 1685 aufgrund ihrer fehlenden Reife erfolglos untersucht worden (Leeuwenhoek 1939–1999, 5.301), bevor Leeuwenhoek 1695 durch Kontakt zur Ostindien-Kompanie geeigneterer Samen erhielt (ebd. 10.194, 210–213). Wie schon zuvor bei Kastanien stellte er dabei fest, dass der Keimling durch einen Strang von Gefäßen mit der Pflanze verbunden war (ebd. 6.74; 11.246–251). Dennoch schien ihm dies später wieder entfallen zu sein, denn 1703 erwähnte er, dass er dies erst unlängst beobachtet hätte (ebd. 14.242). Die von ihm untersuchten Mispelsteine erschienen ihm 1687 und 1692 durch unbekannte Ursachen deformiert (6.224–231; 9.122–129).

den, wiesen jeweils auf mehrere, neue und zum Teil unerwartete Richtungen hin, in welche die Forschung weitergeführt werden konnte.

3.2 Insekten: Beziehungen und Ursprung

3.2.1 Umgebungen, Vergleiche und Analogien

Die mikroskopischen Beobachtungen von Insekten fanden von vorneherein unter zwei grundverschiedenen Perspektiven statt, die hier zugunsten einer verständlicheren Darstellung zum großen Teil getrennt voneinander besprochen werden sollen: Wie bereits erwähnt wurde, studierten einige Forscher wie William Harvey ab den 1620er Jahren Insekten ausgehend vom medizinischen Kontext und legten dabei den Schwerpunkt darauf, die anatomische Uniformität aller Lebewesen zu demonstrieren. Diese Beobachtungen waren, ähnlich wie ein Teil der Pflanzen-Beobachtungen, auf *Universalialia* ausgerichtet und sollen aufgrund ihrer Verbindungen zu ähnlichen Untersuchungen an anderen Lebewesen erst im nächsten Abschnitt thematisiert werden. Neben ihnen stellten zahlreiche Forscher aber auch Untersuchungen an, bei denen eher die spezifischen Eigenschaften von Insekten im Vordergrund standen. Im Laufe der Jahre nahm auch hier der zeitliche Rahmen der Beobachtungen zu und es lässt sich feststellen, dass die Forscher sich zunehmend auch mit den Fähigkeiten von Insekten und ihrer Beziehung zu Pflanzen, insbesondere hinsichtlich deren möglicher Beteiligung bei ihrer Zeugung, beschäftigten. Zunächst aber wurden vor allem Vergleiche mit größeren Lebewesen als Mittel der Beschreibung und analogischer Bezugspunkt benutzt und dabei auch schon die natürliche Umgebung der jeweiligen Insekten mit berücksichtigt.

Bereits Peiresc schilderte in seinen Aufzeichnungen nicht nur detailliert die äußere Erscheinung verschiedener Insekten, sondern machte auch deutlich, dass die Beobachtungen unter künstlichen Rahmenbedingungen stattfanden beziehungsweise nicht in dem natürlichen Kontext, in dem die untersuchten Lebewesen normalerweise zu finden waren. So wurde einerseits detailliert das Papier beschrieben, auf dem ein toter Floh untersucht wurde, und wie sich eine Milbe von dort auf den Körper des Flohs bewegte. Andererseits verwies Peiresc im Laufe seiner Ausführungen auch explizit auf die gewöhnlichen Umgebungen verschiedener Milben und Läuse, die er zum Teil als Ursprung ihres Namens verstand.⁵⁵

Die zahlreichen Vergleiche, die Peiresc sowohl zwischen verschiedenen Insekten als auch zu größeren Tieren zog, hatten in erster Linie eine illustrative Funktion. Zwar wurde in einigen Fällen der ganze Körper Gegenstand des Vergleiches, und so beispielsweise ein Floh einem Meerestier gegenübergestellt, zumeist aber wurde eine ganze Reihe verschiedener Tiere bemüht, um die Form einzelner Gliedmaßen zu verdeutlichen.⁵⁶ Schlussfolgerungen,

⁵⁵ „Après cela il nous a fait voir *une pulce* qu’il a tuée pour la faire demeurer quoy et l’a mise sur un morceau de papier de cotton [...] Un des ces petits artisans ou mittes qui estoit demueré sous le papier est repassé dessus, et s’en est allé grimper sur le dos de cette pulce, où il sembloit une mouche courante sur une escrevisse“ (Humbert 1951, 156–157). Einige Milben waren gewöhnlich auf Käse zu beobachten (ebd. 156), andere hatten ihren Namen von ihrer Anwesenheit auf bestimmten Steinen (ebd. 158), für Läuse wurde erwähnt, dass sie sich an Haaren festhalten können und zuweilen in der Wäsche zu finden seien (ebd. 157–158).

⁵⁶ „Le *pulce* estoit semblable en forme, figure et grandeur à ces petits animaux maritimes que nous appelons de la civade, et icy des chevrettes qui est une espèce des squilles, à sçavoir comme des petits escrevisses de rivière en ce qui est de la forme, mais de la longueur d’un pouce ou environ. Sur le devant elle avoit sa teste ou museau comme les grilllets avec les yeux en dehors des cornes et filaments et deux grosses pattes forchües comme les forcipes des escrevisses et composées de bras crustacés enchassés les uns dans les autres comme ceux des escrevisses et grilllets,

die über das deskriptive Moment derartiger Vergleiche hinausgehen, finden sich hingegen nicht, was besonders in den Beschreibungen verschiedener Milben auffällt, die trotz großer Ähnlichkeit miteinander scheinbar *nicht* in einen engeren Zusammenhang gestellt wurden.⁵⁷

Dagegen richteten die Lincei ihre Beschreibungen in erster Linie an den *Tätigkeiten* der Insekten aus und sparten mit Vergleichen hinsichtlich der Form: Cesi hob im *Apiarium* die zentrale Rolle hervor, welche der Honig im Leben der Bienen spielte, und verband dementsprechend auch die Beschreibung ihres Körpers mit Erläuterungen darüber, wie sie ihre Gliedmaßen benutzen würden, um diesen aus Blüten zu sammeln.⁵⁸ Stelluti griff dies für seine eigene Beschreibung der Biene zwar nur beiläufig auf, er charakterisierte jedoch in ganz ähnlicher Weise die Mundwerkzeuge des Kornkäfers. Damit stellte er zugleich wiederum eine Verbindung zur Umgebung der Insekten her, genauer gesagt zu den Pflanzen, von denen ihre Ernährung abhing.⁵⁹

Tatsächlich war die Ähnlichkeit zu anderen Lebewesen zumindest für Cesi mehr als nur die Möglichkeit einer bildlichen Beschreibung: Die Ähnlichkeit, die er zwischen dem Kopf einer Biene und dem eines Rindes zu erkennen meinte, bekräftigte für ihn die auf Vergil zurückgehende Ansicht, dass Bienen spontan aus verrottenden Rindern gezeugt werden würden. Daneben stellte Cesi allerdings auch Überlegungen an, denenzufolge wiederum der Honig von entscheidender Bedeutung für die Fortpflanzung der Bienen war.⁶⁰ Sowohl Stelluti als auch Odierna beschränkten sich dagegen darauf, deskriptive Vergleiche zwischen den Augen verschiedener Insekten anzustellen.⁶¹

leurs autres jambes sont barbillonnées comme les autres moindres jambes des escrevisses“ (Humbert 1951, 157). Siehe auch die Beschreibung der Laus mit Bezügen auf Milben, Schildkröten, Wespen, Krebse, Spinnen, Muscheln und Meeresschildkröten (ebd. 157) sowie den Vergleich der Beine einer Wein-Mücke mit denen des Flusskrebse (ebd. 158).

⁵⁷Milben wurden hinsichtlich der Form ihres ganzen Körpers zunächst mit Grillen verglichen (Humbert 1951, 156) und später wiederum mittels Vergleichen aber auch Abgrenzungen beschrieben: „J’y ait fait mettre un ciron que j’ay trouvé beaucoup plus gros que les mittes mais de fort différente forme car il est quasi justement comme les petits animaux gris qui sont sous les pierres nommés en provence des pourquets Notre Dame, et les Latins pedunculus saxatilis et paroisoit de pareille grosseur mais blanc comme un grain de sel et un peu transparent, il estoit quasi en figure d’ovale sans guières de difféance de la teste à la queue, non plus que ces animaux saxatiles si ce n’est qu’au droict de la teste, il y a un petit grain aigu accompagné de quatre jambes fort courtes mais grosses. Ils estoient garnis de quatre autres jambes petits, pour les costés, mais fort longues et fort desliées lesquelles ils traismoient comme si c’estoient des queues et semble qu’il en ayt encor deux autres tout au derriere qu’ils traissent pareillement et qui sont quasi imperceptible lesquelles ils appuient en derriere pour salter en avant. Les dos estoit façonné comme les dos d’une tortue ou d’un scarabeux et arrondy en deux bosses, gromeleuses. Les dessous estoit façonné et canellé comme les dessous d’un cancre marin ou favouille [...]“ (ebd. 158).

⁵⁸„Quid de oris, laborum, ipsarum[ue] LINGUARUM multiplicibus ad Mellificium instrumentis? [...] Apum LABORES cognoscere vis? ipsum CORPUSCULUM spectato. Omni ex parte utile co[n]sidera, imo ipsius Utilitatis instrumentum. Nihil in eo est, quod reiectitis voluptatibus addici debeat: ut operetur vivit [...]“ (Galluzi und Guerrini 2006, *Apiarium*, Felder 28–29).

⁵⁹Bezüglich des Honigsammelns schrieb Stelluti: „Immediatamente sotto il rostro vi è lingua assai lingua [...] Questa si vede esser caua dentro, hauendo osseruato più volte che l’ Ape la distende, e mette nelle cauità de’ fiori per trarne il mele [...]“ (Stelluti 1630, 51). Die Beschreibung des Kornkäfers begann allerdings direkt mit einem Verweis auf dessen bevorzugtes Revier: „*Curculio*. E vn picciolo animalletto che rode il frumento detto quasi *gurgulio* per la gola lunga, ch’egli ha [...]“ (ebd. 126). Nach einigen Zitaten aus antiken Klassikern (s.o. S. 35, Fn.) beginnt dann die eigentliche Beschreibung mit den Mundwerkzeugen des Kornkäfers.

⁶⁰„Quis apum ASPECTVS? Taurina facies: Leonina iuba: aurea vestis. Apem coluerunt Aegyptii et Propatore[m] Apum, Apim: cuius Microscopii beneficio, quam referunt toto capite speciem, vide. [...] Tauro autem sponte progenitae sunt [...]“ (Galluzi und Guerrini 2006, *Apiarium*, Feld 37). Die Ähnlichkeiten zu Löwe und Sonne wurden interessanterweise nicht weiter ausgeführt. Zur Zeugung von Bienen aus Rindern beziehungsweise Honig siehe Woolfson (2009, 1–2, 295–298) und Freedberg (2002, 165, 174–178).

⁶¹Stelluti (1630, 53, 126); Pighetti (1961, 322–323, 325–327).

Ähnlichkeiten mit größeren Lebewesen wurden dann wieder von Athanasius Kircher erwähnt, wenn auch nur in sehr allgemeiner Weise.⁶² Für die Frage nach einer möglicherweise spontanen Zeugung der Insekten spielten sie für ihn dementsprechend auch kaum eine Rolle: Zwar erwähnte er an verschiedenen Stellen ebenfalls den angeblichen Zusammenhang zwischen Rindern und Bienen, in diesem speziellen Fall berief er sich jedoch nicht auf das Mikroskop.⁶³ Lediglich im Falle des Seidenspinners schloss er von einer Ähnlichkeit der Seidenstruktur zur Rinde und zu den Blättern der Maulbeere auf einen Zusammenhang, ging jedoch nicht soweit, von einer direkten Zeugung des Insekts aus der Pflanze zu sprechen. Vielmehr nahm er an, dass der Maulbeerbaum als günstige Umgebung diene, welche sich dadurch an der Zeugung beteilige, dass sie den aus Eiern entstehenden Seidenspinnern bestimmte Eigenschaften mitgäbe.⁶⁴ Allerdings behauptete Kircher derartige Zusammenhänge auch für Glühwürmchen und Spinnen, ohne dass eine Ähnlichkeit zu den Pflanzen beschrieben wurde, welche ihre Eier beherbergten.⁶⁵

Mit Ausnahme von Cesi und Kircher hatten also Vergleiche, die bis zu diesem Zeitpunkt als ein zentrales Moment von Insektenbeobachtungen verstanden werden können, vor allem einen deskriptiven Charakter. Zusammenhänge mit anderen Objekten wie Pflanzen erschlossen sich für den Großteil der Forscher in erster Linie aus einer räumlichen Nähe und nicht aus mikroskopischen Beobachtungen. Sie wirkten sich jedoch, wie im Fall des Honigs und der Bienen, zuweilen ebenfalls auf die Perspektive aus, unter welcher die Insekten beobachtet wurden. Ähnlichkeiten zwischen Insekten und anderen Objekten wurden aber zumindest in einigen Fällen als analogiehaftes Zeichen für einen Zusammenhang zwischen beiden interpretiert.

3.2.2 Kritik an Vergleichen - Verlagerung auf Prozesse

Nach Kircher zog auch Fontana illustrative Vergleiche zwischen Insekten und größeren Tieren. Borel äußerte sich hingegen erstmals auch kritisch zu derartigen Beschreibungen, obwohl beide Forscher für seine Beobachtungen, wie erwähnt, so etwas wie Vorbilder gewesen waren. Borels Ansicht nach ähnelte der Floh mit seinem schuppigen Schwanz eher einem Krebs oder einer Krabbe als den Heuschrecken und Zikaden, die Kircher für seine Beschreibung bemüht hatte.⁶⁶ Dennoch nutzte Borel weiter vor allem Vergleiche mit größeren Tieren für seine Beobachtungen. Ähnlich wie bei Peiresc konnten diese sich einerseits auf den ganzen Körper beziehen, andererseits aber auch nur einzelne Körperteile betreffen: So ähnelten verschiedene Milben dem Stachelschwein, die Ameise einem Krebs, während für Küchen-

⁶²„Non dicam hic de mira corporum minutissimorum animaliumque constitutione, & fabrica, ut sunt Acari, Lentes, Cyni, alique tam volatiliū, quam reptiliū insectorum vermiculi. Invenies naturam in minimis etiam exhibuisse Leones, Tauros, Equos, Canes, Feles, Asinos, Aquilas, anseres, aqualium omnis generis. Quid pulex aliud nobis, nisi locustam sine ala refert? quid acarus, nisi ursum pilosum? & sic de reliquis“ (Kircher 1646, 834).

⁶³Kircher (1665, 2.96, 349, 357–358).

⁶⁴„Quaeritur hoc loco, unde Bombylius sive Bombyx pretiosi serici filator originem suam trahat? [...] Dixi ex moro nasci, quia si tum corticis tum foliorum mori texturam smicroscopium observes, naturam eam ita textuisse reperies, ut sericum flavum fibris suis proxime aemuletur“ (Kircher 1665, 2.360a). Diese Ansicht dürfte jedoch von den meisten Zeitgenossen eher nicht geteilt worden sein; siehe die Bemerkungen zur Zeugung des Seidenspinners bei Moffett (1634, 179) und die Beobachtungen Malpighis (s.u. S. 89–90).

⁶⁵Kircher (1665, 2.360, 366, 369).

⁶⁶„Kirckerus ejus formam ad locustae sine aliis refert, alii ad cicadae; sed cancrum, ut dixi, potiùs, seu squillam imitatur, & cauda sua squamosa dolorem hominibus infert [...]“ (Borel 1656a, *Centuria*, XII); vgl. das Zitat von Kircher oben (S. 85, Fn. 85), s.a. Fontana (1646, 149–150).

schaben und ein unbekanntes Insekt ein Vergleich mit Schildkröten hergestellt wurde.⁶⁷ Die Schuppen des Silberfischchens erinnerten Borel hingegen an Fischschuppen, der Schwanz eines unbekanntes Insektes an das Hinterteil einer Kaulquappe und die Füße der Fliege an die Krallen einer Katze.⁶⁸ Vergleiche mit anderen Insekten, sowohl auf die ganze Gestalt wie einzelne Gliedmaßen bezogen, wurden hingegen nur in geringem Maße vorgenommen und scheinen von Borel vor allem für die Beschreibung unbekannter Insekten als sinnvoll erachtet worden zu sein.⁶⁹

Hinsichtlich der *Generatio spontanea* von Insekten fällt auf, dass Borel zwar im allgemeinen diesem Modus der Zeugung zustimmte, aber davon absah, explizite Schlussfolgerungen über den materiellen Ursprung dieser Tiere anzustellen: Weder in der Beobachtung der Käsemilben noch in zwei anderen Fällen, in denen Insekten eine auffällige Nähe oder Ähnlichkeit mit Pflanzen gezeigt hatten, äußerte sich Borel zu ihrer Zeugung.⁷⁰ In einem kleinen grünen Insekt sah er sogar ein mögliches Stadium der Heuschrecke, gerade weil ihm aufgefallen war, dass beide Tiere vor allem auf Pflanzenblättern zu finden waren.⁷¹ Ähnlichkeiten und räumliche Nähe waren für Borel also keine Anzeichen für eine besonderen Verbindung zwischen Insekten und anderen Objekten. Konkretere Aussagen zur Zeugung der Insekten finden sich hingegen in den Beobachtungen, während deren Eier zum Vorschein kamen oder, wie im Fall der Küchenschaben, das Ablegen von Nachkommen zu erkennen gewesen war.⁷²

Während bei seinen Vorgängern die Zeugung von Insekten primär als die kausale Abhängigkeit zweier Objekte voneinander dargestellt worden war, verstand Borel sie scheinbar vor allem als einen Prozess beziehungsweise als eine ihrer Aktivitäten, die sich mit dem Mikroskop beobachten oder nachvollziehen ließ. Dementsprechend wurden neben der natürlichen Umgebung der Insekten bei ihrer Untersuchung in vielen Fällen auch besondere Verhaltensweisen und Fähigkeiten mit in die Beobachtungen aufgenommen, wenn sie Borel auffielen: Der vermeintliche Schaden an Büchern durch Silberfischchen, die Erzeugung von Seide, Geräusche eines korallenfarbigen Insekts, die Ernährung einer schwarzen Insektenart und von Bienen sowie die Vorratskammern als Heimat der Küchenschaben gehörten ebenso zu seinen Beobachtungen wie spezielle Bewegungen, die er bei einigen Insekten gesehen hatte. Ausgangspunkt für ein Interesse an derartigen Fragen könnte gewesen sein, dass Bo-

⁶⁷Borel (1656a, *Centuria*, XXI, XVII, XXXVIII, XLVIII, LVIII, LXXXIV).

⁶⁸Borel (1656a, *Centuria*, XXXVI, XXXVIII). Der Vergleich mit den Katzenkrallen wurde von Fontana übernommen, ebenso der Vergleich mit dem Mund eines Hasen in der Beobachtung eines unbekanntes Insektes (Borel (1656a, *Centuria*, L, LXIV) bzw. Fontana (1646, 149–150)).

⁶⁹Siehe Borel (1656a, *Centuria* XXXVIII, LVIII, LXXXIV).

⁷⁰Siehe die Beobachtungen von Käsemilben (Borel 1656a, *Centuria*, XXVII), einem Falter, dessen Flügel Farnkraut ähneln sollten (ebd. LVI) und einem Insekt aus einer Lilienblüte (ebd. LXIX). Man beachte jedoch auch die Beschreibung einer spontanen Zeugung von Fliegen im Wasser im Korollar nach den Beobachtungen.

⁷¹„Insectula viridia in foliis Sycomori, vel Pseudoplatani, aceris specie sunt [...] per 24. horas vixit unum eorum [...] Credo fuisse Locustae rudimentum, ut reperiuntur in majali sputo coeli, in pratis, herbis adhaerente, & ideo oculos magnos habuit, quia erat animal adhuc recens natum: omnia enim animalia recens nata oculos habent magnos“ (Borel 1656a, *Centuria*, LXVIII).

⁷²Besonders eindrücklich dürfte in diesem Zusammenhang die Entnahme von Eiern aus einem Floh gewesen sein: „[...] & si pulicem praegnantem exerentes, videbis ejus exta, intestina, ovaque [...]“ (Borel 1656a, *Centuria*, XII). Für weitere Beobachtungen von Insekteneiern siehe ebd. (X, XX, XXXIV, LVIII). Über die Küchenschaben schrieb Borel: „Clausiporcae feminae sub ventrea quasi è mammis pendentes, 12. circiter, minutulos factus, secum ambulantes deferunt, in quibus tamen etiam oculi optime distinguuntur“ (Borel 1656a, *Centuria*, XCI).

rel von Auseinandersetzungen zwischen Milben und anderen Insekten gehört hatte; womit er sich möglicherweise auf Peiresc bezog.⁷³

Auch in Powers Beobachtungen lässt sich die Tendenz erkennen, neben der Gestalt das Verhalten von Insekten zu thematisieren: Während er sich bei der Biene noch mit einem Verweis auf bestehende Literatur zu ihrem Sozialleben und ihren Fähigkeiten begnügte, belegen andere Untersuchungen ein reges Interesse an verschiedenen Bewegungen einzelner Insektenarten, nämlich dem Reinigen des Kopfes bei der Fliege und den Mundbewegungen verschiedener Milben, sowie an der Fortbewegung von Insekten im allgemeinen.⁷⁴ Zusätzlich zu diesen beobachteten Verhaltensweisen der Tiere finden sich auch Spekulationen darüber, wozu verschiedene Körperteile von den jeweiligen Insekten verwendet werden könnten, ohne dass dies während der Beobachtungen selbst gesehen wurde. Diesbezügliche Bemerkungen betrafen vor allem Stacheln, Saugrüssel und weitere Mundwerkzeuge, aber auch die nach Powers Meinung besonders für die Jagd geeignete Augenanordnung bei Spinnen.⁷⁵ Vergleiche mit anderen Lebewesen, seien es größere Tieren oder andere Insekten, spielten hingegen nur noch seine sehr geringe Rolle.⁷⁶

Deutlicher als bei Borel wird hier also der Zwiespalt erkennbar, der aus den unterschiedlichen Perspektiven verschiedener Beobachtungen entstand, die sich aufgrund der Zusammenhänge von Objekten ergaben: In einigen Fällen, wie dem Schlüpfen von Spinnen aus Eiern oder der Metamorphose der Sykomoren-Heuschrecke, war die Fortpflanzung in Form verschiedener Teilprozesse als unabhängiger Vorgang direkt zu beobachten.⁷⁷ In anderen Fällen schien jedoch eine Verbindung mit anderen Objekten ein zentrales Moment darzustellen: Insbesondere die Zikaden, die aus einem an Spucke erinnernden Schaum an verschiedenen Pflanzen schlüpften, stellten für Power ein Problem dar, das er für sich nicht auflösen konnte.⁷⁸ Erkennbar wird sein Zwiespalt hinsichtlich dieser Frage auch in seinen Beobachtungen von Milben: Power unterschied zwar die verschiedenen Milbenarten auch anhand der Objekte auf denen sie gefunden wurden, etwa Käse, Getreide, Feigen oder Datteln, ihre Zeugung brachte er jedoch jenseits dessen *nicht* in expliziten Bezug zu diesen Gegenständen. Bei den Milben, die er auf Spinnen und Hummeln gefunden hatte, vermutete er jedoch im Gegensatz dazu, dass sie aus deren Exkrementen entstanden wären.⁷⁹

⁷³Borel (1656a, *Centuria*, XXXVI, LXVI, LXXIV, LXXVIII, LXXXIV, XCI, XCIII, XCVI). Vgl. auch ebd. (XXI) und eine ähnliche Bemerkung bei Peiresc (Humbert 1951, 156). Siehe hierzu auch oben S. 34, Fn.

⁷⁴Power (1664, 4–5, 21, 25, 30, 31).

⁷⁵Power (1664, 2, 8, 12).

⁷⁶Es finden sich erneut vor allem Vergleiche mit Meerestieren, hinsichtlich der Flügel aber auch mit Vögeln (Power 1664, 1, 7, 19–21). Vergleiche mit anderen Insekten finden sich ausschließlich in den Beobachtungen von Läusen und Milben, hingen also scheinbar mit ihrer Größe zusammen (ebd. 9, 16–20).

⁷⁷Power (1664, 15, 32).

⁷⁸Man beachte die unaufgelösten Widersprüche in Powers Überlegungen: „Now, what this spumeous matter is, and into what animal this Insect is at last shaped or transpeciated, are Doubts that as yet have found no clear and experimental Decision. That the Spattle is a froathy kind of dew that falls from the Air, I doubt not [...] Secondly, That it is the sole exudation and secretion of Plants, I cannot believe [...] How should an excrement of so many several Plants, still bred one and the same Animal, when as we see that all Vegetables whatsoever produce their several Insects (as *Muffet* in his 19. and 20. Chapters has particularly enumerated.) I shall not deny but the Effluvium's that continually perspire out of all Plants whatsoever, may advantage and promote the nutrition of the little Insect that breeds therein“ (Power 1664, 29–28). Bereits die beiden vorangestellten Beobachtungen legen einen Zusammenhang zwischen Pflanzen und Insektenzeugung nahe (ebd. 26–27).

⁷⁹„[...] both Fleas and Lice may have other Lice that feed upon them, as they do upon us [...] there can be no doubt that, but they have also a continual perspiration and exudation through the habit of their body: Of which excrement of the third and last Concoction, all these Vermin that pester the outside of Animals, are generated“

Dieser Widerspruch zwischen Prozessen und scheinbaren Zusammenhängen von Objekten findet sich zu einem gewissen Grad auch bei Hooke: Einerseits wird in seinen Beobachtungen wiederum die Neigung erkennbar, sich auch mit den Fähigkeiten und Verhaltensweisen von Insekten zu beschäftigen. Hierzu zählte etwa das scheinbar rationale Jagdverhalten von Spinnen und ihre Fähigkeit zum Weben von Netzen, sowie die wohlüberlegt erscheinenden Bewegungen von Ameisen. Und auch die Frage der Ernährung wurde zumindest beiläufig in den Beobachtungen von Silberfischchen und Läusen erwähnt.⁸⁰ Ferner dienten nun sogar die Vergleiche mit größeren Lebewesen in erster Linie dazu, die Funktionsweise einzelner Körperteile anhand von Ähnlichkeiten zu erklären.⁸¹ Und hinsichtlich der Frage ihrer Zeugung stellte das Schlüpfen von Seidenspinnern und anderen Insekten aus ihren Eiern eine Beobachtung dar, welche betonte, dass es sich bei der Fortpflanzung dieser Tiere um Prozesse handelte, die unabhängig von anderen Objekten stattfanden.⁸²

Andererseits schienen jedoch die Entstehung zweier Insekten an der Wasseroberfläche sowie das Schlüpfen anderer Insekten aus Schwellungen an Pflanzen und Früchten nahelegen, dass diese Tiere nicht durch reguläre Fortpflanzung sondern aus diesen Objekten gezeugt werden würden.⁸³ Es gelang Hooke allerdings diesen Widerspruch aufzulösen, indem er ähnlich wie Kircher die nahegelegten materiellen Zusammenhänge relativierte. Die Stoffe, in deren Nähe das Auftauchen bestimmter Insekten zu bemerken war, wurden nun nicht mehr als deren Ursprung verstanden, sondern als eine Umgebung, welche für die dort abgelegten Eier der Insekten besonders geeignet war. Daraus folgte nach Hookes Ansicht aber auch, dass den Insekten von ihrem Schöpfer eine entsprechende Fähigkeit eingepflanzt worden war, solche geeigneten Ablageplätze überhaupt zu erkennen.⁸⁴ Letztlich stellten also im Zuge dieses Perspektivwechsels auch die materiellen Zusammenhänge einen untergeordneten Teil eines Prozesses dar.

Sowohl bei Borel als auch bei Power und Hooke lässt sich also eine zunehmende Tendenz dazu erkennen, Insekten nicht mehr als statische Objekte zu beobachten, sondern auch ihr Verhalten und ihre Fähigkeiten zu berücksichtigen. Mit dieser Beachtung ihres spezifischen Habitus ging einher, dass auch deskriptive Vergleiche weniger und weniger in den Beobachtungen verwendet wurden. Zudem wurden vermeintliche Zusammenhänge mit anderen Objekten durch diese eher auf Prozesse ausgerichtete Perspektive mehr und mehr gelockert und somit das Konzept der *Generatio spontanea* größtenteils aufgegeben.

(Power 1664, 20). Ob es sich beim letzten Satz um eine Einschränkung handelt, oder ob eine derartige Zeugung auch für diejenigen Milben gilt, die in den vorigen Beobachtungen beschrieben wurden (ebd. 16–19) ist unklar.

⁸⁰Hooke (1665, 202–205, 209–210, 212–213).

⁸¹Dies betraf den Bienenstachel, der mit Katzenkrallen und Schlangenzähnen verglichen wurde, die „Federn“ auf Insekten- und Vogelflügeln sowie Entsprechungen im Aufbau der Gliedmaßen verschiedener, zumeist kleinerer Insekten mit denen von Krabben (Hooke 1665, 163–164, 169–171, 172–174, 185, 194, 195–197, 199–200, 207–208, 213–214).

⁸²Hooke (1665, 181–182, 213, 215).

⁸³„This little creature [...] was a small scaled or cristed Animal, which I have often observ'd to be generated in Rain-water; I have also observ'd it both in Pond and River-water. It is suppos'd by some, to deduce its first original form from the putrifaction of Rain-water [...]“ (Hooke 1665, 185). Siehe auch ebd. (142, 215–216, 189–192).

⁸⁴Ausgehend von auf Pflanzenblättern abgelegten Insekteneiern schrieb Hooke: „Now the manner of their production, I suppose to be thus; that the Alwise Creator has as well implanted in every creature a faculty of knowing what place is convenient for the hatching, nutrition, and preservation of their Eggs and of-springs, whereby they are stimulated and directed to convenient places, which become, as 'twere the wombs that perform those offices: As he has also suited and adapted a property to those places wherby they grow and inclose those seeds, and having inclosed them, provide a convenient nourishment for them, but as soon as they have done the office of a womb, they die and wither“ (Hooke 1665, 189). Siehe auch ebd. (206–207, 214, 216).

3.2.3 Schwerpunkte: Metamorphose im Detail

Für Malpighis Beobachtungen scheinen weder die Widersprüche, mit denen sich seine Vorgänger im speziellen beschäftigt hatten, noch die Frage der spontanen Zeugung im allgemeinen überhaupt eine Rolle gespielt zu haben, auch wenn er sich mit dem Seidenspinner auf ein Insekt konzentrierte, über dessen Zeugung frühere Beobachtungen stark voneinander abweichende Informationen geliefert hatten: Während Kircher ausgehend von mikroskopischen Ähnlichkeiten auf eine Beteiligung des Maulbeerbaumes geschlossen hatte, waren dieselben Tiere bei Hooke ein Beispiel dafür, dass Insekten sich zum größten Teil unabhängig von anderen Objekten über Eier vermehrten.⁸⁵ Beide Aspekte wurden bei Malpighi nur kurz gestreift und als eher nebensächliche Teile des Fortpflanzungs- und Wachstumsprozesses beschrieben: An den Eiern registrierte er im Laufe der Reifung lediglich eine Veränderung der Farbe, die er als Zeichen für einen inneren Wandel interpretierte, und die Beziehung zum Maulbeerbaum beschränkte sich seinen Beobachtungen zufolge darauf, dass sich die geschlüpfte Raupe von dessen Blättern ernährte und unter diesem Einfluss erneut ein Wechsel in der Farbe stattfand.⁸⁶

Der eigentliche Fokus von Malpighis Beobachtungen lag jedoch klar auf der Metamorphose der Raupe zum Falter. Vor allem im Raupenstadium zeigte Malpighi dabei ein verstärktes Interesse am Verhalten des Tieres, insbesondere an seinen Ruhephasen und dem Spinnen des Kokons, weil er hoffte, dadurch die bevorstehende Metamorphose besser verstehen zu können. Dementsprechend beschränkten sich derartige Kommentare für die späteren Stadien auf den Koitus und das Ablegen der Eier und vervollständigten somit die Entwicklungsgeschichte.⁸⁷ Anders als bei seinen Vorgängern wurden also nicht besonders auffällige Verhaltensweisen dieser Insekten festgehalten, sondern nur diejenigen, die von Interesse für die Frage waren, nach der sich Malpighis Beobachtungen richteten. Verhaltensweisen, die keinen Bezug zur Metamorphose hatten, wie etwa der Flug des Falters, wurden demzufolge nicht weiter beachtet.

Auch Vergleiche mit anderen Lebewesen spielten für Malpighis Beobachtungen eine andere Rolle als zuvor: Anstatt über Ähnlichkeiten mit größeren Tieren bestimmte Formen zu verdeutlichen, beschäftigte er sich intensiv mit den Gemeinsamkeiten und Unterschieden verschiedener Insekten. Dabei beschränkte er sich nicht auf das Äußere oder einzelne Gliedmaßen, sondern bezog sich vor allem auf die inneren Organe wie Tracheen, Herz, Därme und Fortpflanzungsorgane. Als Vergleichsobjekte dienten hierfür unter anderem Zikaden,

⁸⁵Vgl. hierzu neben den o.g. Passagen auch die nicht mikroskopischen Beobachtungen bei Moffett (1634, 179).

⁸⁶„Ab Ovo, communi viventium principio, originem ducit. Hoc per annum conservatum, incalescentis in vere Aëris tempore, vel triduo foeminarum sinu folum, *Bombycem* promit. Dum incubatur ova, Caerulea ex Violaecis, mox Sulphurea redduntur, & tandem Cinerea; quae successiva Colorum varietas à genito revolutòque intus verme, per corticem, veluti per diaphanum Cornu, erumpente, producitur. [...] Statim ac luce fruitur *Bombyx*, tenella *Mori* folia voraciter edit [...] Indies autem auctus sensim novum induit colorem [...] Continuata igitur *Bombycis* nutritione, Cranii color saturator redditur, ut coracinus iterum reddatur“ (*De bombyce* (1668: Malpighi 1687, 2.8, 9)). Zur Ernährung siehe weiter ebd. (2.27–28).

⁸⁷Diese Perspektive wird deutlich durch Malpighis Kommentar bezüglich der Ruhephasen, auch wenn er letztlich einen direkten Zusammenhang mit der Metamorphose verneint: „Quis tamen tam laboriosam Metamorphosin, renovato capite, dentibus, corio, pilis, & fortè quibusdam musculis, Somnum appellet? [...] probabiliter reor, *Bombyces* singulae suae vitae diebus somni & vigiliae vicissitudine gaudent; etenim ut plurimum cibo, diverberato diu ad latera capite, deinde ad superiora erecto, immobiliter haerent per horam & alteram, & interdum dejecto capite cubant, quod bis in die repetitum vidi [...]“ (*De bombyce* (1668: Malpighi 1687, 2.10–11)). Zu Seide und Kokon siehe ebd. (2.11, 24–25, 29), zu Koitus und Eiablage ebd. (2.44–45).

Hirschkäfer, Heuschrecken, Wespen und Bienen.⁸⁸ Diese Perspektive war in erster Linie durch Übertragungen aus Malpighis früheren Studien im medizinischen Kontext charakterisiert, und so wie dort wurde auch hier ein spezifisches Objekt in den Mittelpunkt gestellt und alle anderen mehr oder weniger anhand ihrer Unterschiede zu diesem beschrieben.⁸⁹ Mit den anatomischen Methoden war also auch eine bestimmte Art, Objekte aufeinander zu beziehen, in die Beobachtungen übernommen worden.

Verbindungen zwischen bestimmten Insekten und anderen Objekten beschäftigten Malpighi erst einige Jahre später, und auch hier zeigten sich wiederum Einflüsse aus seinen früheren Beobachtungen an Organen: Im Zuge seiner Pflanzen-Anatomie musste er sich auch mit der Rolle auseinandersetzen, die Pflanzen bei der Zeugung von einigen Insekten spielten, da das Schlüpfen dieser Tiere aus Schwellungen an verschiedenen Gewächsen ein allgemein bekanntes Phänomen darstellte. Da diese Beobachtungen aber von den Pflanzen ausgingen, machte Malpighi nicht wie seine Vorgänger die jeweiligen Insekten, sondern die Pflanzen-Gallen zum hauptsächlichen Gegenstand seiner Beobachtungen. Er kam dabei einerseits zu dem Schluss, dass es sich bei ihnen um eine Form von Erkrankung der Pflanze handeln würde, die durch äußere Faktoren hervorgerufen wurde.⁹⁰ Die Möglichkeit, dass die Pflanzen somit auf eine prägende Weise am Zeugungsprozess teilnahmen, wie sie etwa von Kircher vorgeschlagen worden war, wurde hingegen nicht eingeräumt. Andererseits vermutete Malpighi wie zuvor Hooke, dass das Innere spezifischer Pflanzen den Bedürfnissen der abgelegten Eier entspräche und die jeweiligen Insekten über einen Sinn zum Aufspüren derartiger geeigneter Orte verfügten. Wiederum wurde also ein materieller Zusammenhang als eher untergeordneter Teil des Fortplantungsprozesses begriffen. Dementsprechend wurde in diesem Fall an den Insekten selbst lediglich das Organ untersucht, mittels dessen sie in das Gefüge der Pflanzen eindringen und ihre Eier ablegen.⁹¹

Malpighi hatte also zunächst einen besonderen Schwerpunkt darauf gelegt, den Prozess der Metamorphose von Insekten zu untersuchen. Damit hatte er zwar die Tendenz einiger seiner Vorgänger fortgesetzt, ihre Beobachtungen stärker an Prozessen auszurichten, unterschied sich aber zugleich auch von ihnen, da er alle weiteren Aspekte seiner Untersuchungen, diesem Hauptthema untergeordnet hatte. Ferner hatte er hierfür eine einzelne Insektenart in den Mittelpunkt seiner Beobachtungen gestellt und andere Arten nur zum Vergleich herangezogen. Dementsprechend wurde der Zusammenhang von Insekten und Pflanzen erst in

⁸⁸*De bombyce* (1668: Malpighi 1687, 2.18, 20–21, 22–23, 26, 39, 43–44).

⁸⁹S.u. S. 97–100.

⁹⁰„[...] ità ut exacto hoc insectorum vectigali, privata plantarum oeconomia invertatur, vitiatisque alimenti viis, & corrupto ipsarum succo, nova partium configuratio succedat: morbosus frequenter subrescentibus tumoribus, quos *Gallarum* nominibus exponemus“ (*Anatomes plantarum pars altera* (1679: Malpighi 1687, 1.112)). Später heißt es einleitend zur Behandlung weiterer Schwellungen von Pflanzen: „Hucusque Gallarum tumores, in multiplicibus plantarum partibus Muscarum, & consimilium Insectorum contagio erumpentes, lustravimus. Quoniam tamen alimentum non perpetuò debitos excurrit tubulos; sed interdum aberrando, in Tumores figitur, vel in monstruosas excrescit formas; ideo circa has aliquantulum immorabimur“ (ebd. 1.133, s.a. 1.135, 141).

⁹¹„Ex hucusque instituta indagine patet, exaratos quarundam plantarum tumores, reliquásque syderatas partes, Muscas & diversa Insectorum genera fovere, & alere, donec emancipata via sibi faciant. Plura enim Insecta sua edunt ova, omni ferè auctivo succo destituta; quorum aliqua cortice privantur; ità ut mollis primaeva partium compages occurrat, sub specie quasi vermis. Ut igitur inclusum animal debitam acquirat partium manifestationem & soliditatem; uterum, vel saltem ipsius vicariam opem exigit, quam in platis sagax Insectorum natura perquirat: Quare ex diversa ovorum, contentorúmque animalium indigentia à Parentibus Muscis variè diversis plantarum partibus ova committuntur, vel deponuntur; quae enim robusto cortice muniuntur, & alimoniam unà cum animali claudunt [...]“ (*Anatomes plantarum pars altera* (1679: Malpighi 1687, 1.130)). Zu den verschiedenen Legeapparaten siehe ebd. (1.128–131).

späteren Beobachtungen thematisiert, die den Schwerpunkt auf letztere legten. Auch hier wurden die Beobachtungen also dadurch geprägt, dass Malpighi sie bewusst auf bestimmte Objekte eingrenzte.

3.2.4 Prozessuale Ähnlichkeiten

Nachdem Malpighi die Frage einer spontanen Zeugung von Insekten mehr oder weniger übergangen hatte, machte sich Swammerdam daran, ausgehend von seinen mikroskopischen Beobachtungen aktiv gegen sie zu argumentieren. Hierzu wies er im allgemeinen für die in Frage stehenden Insektenarten jeweils einen Modus der Fortpflanzung nach, der einer seiner diesbezüglich aufgestellten vier Ordnungen entsprach, in welche das jeweilige Insekt dann eingeordnet werden konnte. In einigen speziellen Fällen setzte sich Swammerdam jedoch zusätzlich mit der vermeintlichen Abhängigkeit der Insekten von bestimmten Objekten auseinander: Wenn die Entstehung der Insekten durch andere Gegenstände bedingt zu werden schien, bemühte er sich, die Beziehung der Tiere zu diesen Objekten neu zu interpretieren beziehungsweise aufzulösen. Hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang besonders Swammerdams Beobachtungen von Milben: Während diese in seiner *Historia insectorum generalis* nur kurz im Abschnitt über die erste Ordnung erwähnt worden waren, zu der auch Spinnen und Flöhe gehörten, verfasste Swammerdam später eine detailliertere Abhandlung über die *Acari*, die letztlich zusammen mit Schriften zu ähnlichen Fällen Eingang in die *Bybel der natuure* fand.⁹² Hier argumentierte er nicht nur gegen die vermeintlich spontane Zeugung der Käsemilben, indem er beschrieb, wie sie sich auf regulärem Weg fortpflanzten, sondern versuchte auch die Veränderungen zu erklären, die zeitgleich mit dem Schlüpfen der Milben am Käse zu beobachten waren und auf einen Zusammenhang beider Objekte hinzuweisen schienen. Statt ihre Abhängigkeit voneinander zu leugnen, deutete Swammerdam die Kausalitäten innerhalb ihrer Beziehungen um: Nicht der Zerfall des Käses führe zur Entstehung der Milben, sondern die Anwesenheit der Milbeneier und auch das Sterben einiger geschlüpfter Larven würden den Käse angreifen. Ähnliche Erklärungen finden sich schließlich auch hinsichtlich der Veränderungen an Pflanzen, die im Zusammenhang mit der Zeugung von Insekten zu beobachten waren.⁹³

Während also die Beziehungen der Insekten zu anderen Objekten wiederum als nebensächlicher Aspekt ihres Lebenszyklus interpretiert wurden, stellten Swammerdams Beobachtungen im Gegenzug neue Beziehungen zwischen den verschiedenen Insekten her: Statt

⁹²Swammerdam (1669, 71–72).

⁹³„dat de verrotting in de Kaas eygentlyk door de Wurmen selfs aldaar veroorsaakt wort, want sy brieselen die in veele stukskens, sy loofen daar in haare vuyligheden, en sy bevuylen die met haar kwyl. So dat het minste beginstel van verrotting, 't geen in de Kaas is, daar desse Wurmen in komen, datelyk tot een grooter verrotting door haar wort. [...] Ook heb ik gesien, dat de verrotting in de Kaas seer vermeerdert, als eenige van deesse Wurmen daar in komen te sterven, dat dikmaals gebeurt, en het gebeurt altyd, indien sy daar niet buyten kunnen kruypen om in Poppen verandert te worden. Want als dan sterven sy nottsakelyk, ten sy dat se daar droog leggen, en verhart kunnen worden“ — „quae in Caseo observatur putredo, revera per ipsos Vermes ibi producatur: comminuunt enim hi Caseum in exiguas particulas, foeces suas in eum deponunt, saliva insuper sua inquinamentum augent; ut hinc, si vel minimum putredinis initium in Caseo, Vermibus hisce infestato, detur, necessario major mox putrefactio excitetur. [...] Observavi etiam, Casei putredinem plurimum augeri, si quando horumce Vermium nonnulli in eo moriantur: quod quidem saepius contingit, semperque contingat necesse est, cum Vermes isti, quo tempore in Nymphas abituri sunt, humidus Casei partes deserere nequeunt: nisi etiam tum succo loco decumbant, atque indurari possint, certissima eos mors manet“ (Swammerdam 1737–1738, 2.708). Man beachte auch die folgenden Vergleiche zu angeblich im Körper erzeugten Parasiten und aus Pflanzengallen schlüpfenden Insekten (ebd. 2.708–710) sowie spätere Ausführungen, welche die Regelmäßigkeit der Zeugung derartiger Insekten betonten (z.B. ebd. 2.735–737).

Strukturen und Formen zu vergleichen, ordnete er die Tiere ausgehend von ihrer Metamorphose je einer von vier Ordnungen zu. Anstelle struktureller wurden nun also prozessuale Ähnlichkeiten zu den entscheidenden Bezugspunkten zwischen Insekten gemacht. Beziehungen außerhalb dieser vollkommen abstrakten Ebene wurden jedoch nicht zum Gegenstand von Swammerdams Überlegungen, und auch Unterschiede im Sinne eines direkten Vergleiches von Repräsentanten der verschiedenen Ordnungen wurden von ihm nur kurz und oberflächlich ausgeführt.⁹⁴

3.2.5 Beziehungen von Insekten zueinander und zu ihrem Umfeld

Leeuwenhoeks Beobachtungen von Insekten zielten nicht auf eine abstrakte Ordnung von Ähnlichkeiten ab, wie sie von Swammerdam erstellt worden war, sondern stellten wie schon bei den Pflanzen eher eine Auseinandersetzung mit spezifischen Einzelfällen dar. Dementsprechend spielten auch Vergleiche hinsichtlich der Anatomie verschiedener Insekten von vorneherein nur eine sehr geringe Rolle, wie schon die Bemerkungen zu einigen Besonderheiten von Bienen und Läusen im April 1673 belegen.⁹⁵ Und auch bei späteren Untersuchungen beschränkten sich direkte Vergleiche auf Insekten, die in räumlicher Nähe zueinander zu finden waren beziehungsweise eine große Ähnlichkeit aufwiesen, wie verschiedene Schnaken, Schlupfwespen, Ameisen oder Falter jeweils untereinander.⁹⁶

Gemeinsame Lebensräume dürften auch den Ausgangspunkt dafür gebildet haben, dass die Untersuchungen zur Fortpflanzung von Flöhen und Läusen, über die Leeuwenhoek im Oktober 1677 berichtete, in engem Bezug aufeinander durchgeführt wurden. Hierbei bemühte sich Leeuwenhoek darum, die Metamorphose möglichst ohne Unterbrechung mitverfolgen zu können, indem er die Insektenlarven in einer Schachtel mit sich herumtrug.⁹⁷ Allerdings stellte sich für Leeuwenhoek bei seinen Beobachtungen auch die Frage nach den Beziehungen von verschiedenen Insekten zueinander. So ließ ihn schon früh die Häufigkeit, mit der Insekten wie Flöhe oder Kornkäfer von Milben befallen waren, vermuten, dass letztere über einen besonderen Spürsinn verfügen könnten.⁹⁸

Neben den Insekten selbst berücksichtigte Leeuwenhoek bei seinen Beobachtungen zunehmend ihr spezifisches Umfeld, was unter anderem dadurch nahegelegt wurde, dass Insekten in seinem Leben zuweilen auch außerhalb der Forschung eine wichtige Rolle spielten: Fliegen befielen seine Apfelbäume oder schlüpfen aus Galläpfeln und Nüssen, er fand Insektenpuppen an seinen Weinstöcken oder bemerkte Raupen an den Ulmen und Maulbeerbäumen von Delft. Wie seine Vorgänger sah er in erster Linie eine Art Instinkt der Insekten als Ursache dafür an, dass sie ihre Eier an geeigneten Orten wie diesen Pflanzen ablegten. Er erweiterte diese Idee aber insofern, als sie überhaupt erst das Finden von Sexualpart-

⁹⁴Swammerdam (1737–1738, bspw. 1.64–66).

⁹⁵Leeuwenhoek (1939–1999, 1.32–35).

⁹⁶Siehe die vergleichenden Beobachtungen von Schnaken, die scheinbar auf Bitte eines Bauern auf seinem Feld gesammelt wurden (Leeuwenhoek 1939–1999, 9.271–291), Schlupfwespen (ebd. 13.212–223), verschiedenen Ameisen (ebd. 7.66–77; 12.288) sowie von „Federn“ und Blutgefäßen verschiedener Falter (ebd. 2.404–407; 9.56–61).

⁹⁷Leeuwenhoek (1939–1999, 2.244–253). Die Beobachtungen enthielten auch eine direkte Kritik an Swammerdams Äußerungen bezüglich der Metamorphose des Flohs, für einen vergleichenden Überblick der verschiedenen Beobachtungen beider Forscher siehe Bronswijk (1982). Ferner wurde ein Vergleich mit den Larven des Seidenspinners angestellt.

⁹⁸Leeuwenhoek (1939–1999, 8.314–317; 9.227–229).

nern ermögliche und die Insekten dazu brächte, im Moment ihres drohenden Todes ihre Eier vorzeitig abzulegen.⁹⁹

In den Beobachtungen, die Leeuwenhoek ab 1695 an Blattläusen durchführte, wurden sowohl ihr Lebensraum als auch ihre Beziehungen zu anderen Insekten schließlich zu einem wichtigen Thema: Jede Art dieser Läuse schien auf einer spezifischen Pflanzenart heimisch zu sein und ließ sich auch nicht auf andere umsiedeln. Zudem ernährten sie sich direkt vom Saft der Pflanzen.¹⁰⁰ Zugleich erkannte Leeuwenhoek aber auch, dass die Blattläuse Teil einer komplexen Interaktion verschiedener Insekten waren: Erstens profitierten auch andere Insekten davon, dass sie für ihre Ernährung Zugänge zum Pflanzensaft schufen, zweitens wurden sie selbst von Ameisen als Futter verzehrt, und drittens wurden sie von Schlupfwespen als Wirte für deren Eier benutzt und waren somit für ihre Fortpflanzung notwendig.¹⁰¹ Außerdem waren die Blattläuse in ihrer eigenen Fortpflanzung aber nicht nur unabhängig von Pflanzen oder anderen Objekten, sondern unterschieden sich auch deutlich von den bisher untersuchten Insekten, da sie ihre Nachkommen lebend gebaren.¹⁰²

In anderen Fällen erschien Leeuwenhoek eine Bezugnahme auf die Umgebung der Insekten im Zusammenhang mit wirtschaftlichen Faktoren notwendig: Als er sich im Winter 1686/1687 dem Kornkäfer zuwandte, um dessen angebliche spontane Zeugung zu widerlegen, brachte ihn dies notwendigerweise in Kontakt mit den Betreibern von Kornspeichern. Allerdings zeigten sich diese weder von seinen Vorschlägen, die Speicher auszuräuchern, noch von seinen Beobachtungen zur Fortpflanzung besonders beeindruckt.¹⁰³ Mehr Interesse an derartiger Forschung gab es dagegen von Seiten der Delfter Kammer der Niederländischen Ostindien-Kompanie, mit der Leeuwenhoek spätestens seit 1687 in Kontakt stand: Nach Anfragen des Direktors untersuchte er 1695 die Muskatbestände auf Milben und im folgenden Jahr den Speicher der Kompanie hinsichtlich der Paarungsbedingungen für Insekten. Ausgehend von diesen Beobachtungen machte er Vorschläge für den Schutz vor Schädlingen und entwickelte zudem ein längerfristiges Interesse an derartigen Problemen.¹⁰⁴ Es ist zu vermuten, dass Leeuwenhoek auch zu den Fischern, Imkern, Bauern und weiteren

⁹⁹Für die Beobachtungen von Insekten aus Pflanzengallen, Blüten und Nüssen siehe Leeuwenhoek (1939–1999, 6.48–61, 64–67, 66–71; 10.182–189, 234–243; 13.247), bez. der Weinstöcke ebd. (3.230–233) und zum Befall der städtischen Vegetation ebd. (5.352; 6.332; 13.201). Hinsichtlich expliziter Äußerungen über das diesbezügliche Urteilsvermögen der Insekten siehe ebd. (7.113–115; 10.186, 238, 240, 244–249; 12.38; 13.204; 14.346).

¹⁰⁰Untersucht wurden zunächst Blattläuse von Kirschen, Pfirsichen, Kuranten und Pflaumen, inklusive des Versuches, einige von Kirschblättern auf Kurantenzweige zu übersiedeln (Leeuwenhoek 1939–1999, 10.268–301). Es folgten vergleichende Beobachtungen zu den Blattläusen von Rosen und Kirschen (ebd. 11.68–75), Linden (ebd. 12.32–39) sowie Dörrpflaumen, Kuranten und Haselnuss (ebd. 13.202–225). Zur Ernährung siehe ebd. (13.202).

¹⁰¹Zu Beginn vermutete Leeuwenhoek (1939–1999, 10.278–281, 298–301) sogar, dass auch die Eier im Inneren der Blattläuse von Ameisen stammen könnten. Erst spätere Beobachtungen zeigten dann, dass diese von Schlupfwespen stammten und ließen Leeuwenhoek über die starke Abhängigkeit bestimmter Insekten voneinander staunen (ebd. 11.72).

¹⁰²Die „besondere“ Art der Fortpflanzung stellte Leeuwenhoek (1939–1999, 10.270–289) bereits bei seinen ersten Beobachtungen der Blattläuse fest.

¹⁰³Leeuwenhoek (1939–1999, 7.34; 8.292–313).

¹⁰⁴Die Ostindien-Kompanie wird in Leeuwenhoeks Korrespondenz das erste Mal im Oktober 1687 erwähnt, als Leeuwenhoek das Gift des indischen Tausendfüßlers untersuchen wollte (Leeuwenhoek 1939–1999, 7.126), die Kompanie stellte ihm später zudem einen Skorpion und einen weiteren Tausendfüßler zur Verfügung (ebd. 12.324–329; 13.48–55). Dann führte Leeuwenhoek die angesprochenen Untersuchungen im Speicher durch und machte den Vorschlag, den Schädlingsbefall durch Streichen der Wände zu bekämpfen (ebd. 10.194, 208–211; 11.220–257). Es folgten zudem weitere Beobachtungen (ebd. 11.310–315; 12.60–63, 286–291).

Händlern, mit denen er seiner Korrespondenz zufolge zuweilen Gespräche über ähnliche Themen führte, eine vergleichbare Beziehung unterhielt.¹⁰⁵

Die Zusammenhänge, in denen Insekten lebten, waren jedoch nicht nur das Thema von Leeuwenhoeks Beobachtungen, sondern zum Teil auch eine wichtige Bedingung für ihr Gelingen. Dies wird vor allem durch einen Fall deutlich, in dem entsprechende Zusammenhänge zunächst fehlten: 1685 erhielt Leeuwenhoek von Robert Boyle eine Anfrage zur Untersuchung von Cochenille-Körnern, die als Farbstoff aus Amerika importiert wurden, und über deren Ursprung noch bis in die 1730er Jahre Spekulationen angestellt und Diskussionen geführt wurden.¹⁰⁶ Nach seinen ersten Beobachtungen hierzu widersprach Leeuwenhoek der Ansicht, dass es sich bei diesen Körnern um die Körper von Insekten handeln könnte und meinte in ihnen Samen einer Pflanze zu erkennen, die über eine gewisse Ähnlichkeit zu Kuranten verfügten. Für diese Einschätzung spielte auch eine Rolle, dass die Körner keinerlei Spuren von Milbenbefall zeigten, wie es bei Insektenkörpern zu erwarten gewesen wäre. Nach weiteren Beobachtungen änderte Leeuwenhoek jedoch seine Interpretation grundlegend und war nun der Ansicht, dass diese Körper zwar von Insekten stammten, jedoch durch einen besonderen Stoff vor Milben geschützt waren.¹⁰⁷ Weitere Beobachtungen folgten 1704, nachdem ein Amsterdamer Händler seine Ergebnisse angezweifelt hatte. Bemerkenswerterweise meinte Leeuwenhoek nun, eine gewisse Ähnlichkeit mit den Blattläusen zu erkennen, die er seit einiger Zeit untersuchte und nahm dementsprechend sogar an, dass deren besondere Art der Fortpflanzung auch bei den Cochenille-Läusen zu finden sein müsste. Und nur wenig später dienten die Cochenille-Läuse bereits selbst als Vergleichsobjekt, als Leeuwenhoek bei der Untersuchung von Feigenblättern auf ähnliche Insekten stieß.¹⁰⁸ Leeuwenhoeks Perspektive änderte sich also, je nachdem wie stark und in welche Zusammenhänge die Objekte eingebunden wurden.

Nachdem sich seine Vorgänger bemüht hatten, die Bezüge zwischen Insekten, Pflanzen und anderen Objekten in ihren Beobachtungen auf ein Minimum zu reduzieren, waren diese bei Leeuwenhoek also erneut zu einem wichtigen Thema geworden, wenn auch größtenteils unter neuen Perspektiven. Ähnliches lässt sich hinsichtlich der Berücksichtigung von Fähigkeiten und Verhaltensweisen feststellen: Entsprechende Bemerkungen blieben bei Malpighi und Swammerdam auf den Bereich der Fortpflanzung beschränkt, während Leeuwenhoek bei seinen Beobachtungen auf Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Insekten stieß. Allerdings blieben seine Beobachtungen darauf beschränkt, Beziehungen zu beschreiben, die in räumlicher Nähe oder Interaktion bestanden, abstrakte Beziehungen hinsichtlich der Ähnlichkeit von Formen oder Prozessen wurden nicht hergestellt.

¹⁰⁵ Leeuwenhoek (1939–1999, 8.328; 9.124–129, 148, 152–155, 270; 11.32, 66; 14.146).

¹⁰⁶ Für einen Überblick über die späteren Streitigkeiten, die neben der Bestimmung des Ursprungs, später auch die Frage nach der Geschlechtlichkeit der Insekten umfassten, siehe Ratcliff (2009, 58–69).

¹⁰⁷ Die diesbezüglichen Briefe vom August und September 1685 sind verloren, wurden aber zum Teil 1687 zitiert (Leeuwenhoek 1939–1999, 5.272–275; 7.136–155). Wann genau der Umschwung in Leeuwenhoeks Interpretation eintrat ist deswegen schwer auszumachen. Des weiteren scheinen die entsprechenden Beobachtungen von Boyle nicht an die Royal Society weitergeleitet worden zu sein. Zum einen war hier die Frage durch Beobachtungen schon im Juni 1685 geklärt worden (Birch 1756–1757, 4.405, 411), zum anderen erregte ein späterer Brief Leeuwenhoeks 1687 keinerlei Diskussion (ebd. 4.556). Bei seinen Untersuchungen von Muskat stieß Leeuwenhoek (1939–1999, 10.198–203) später auf einen weiteren Stoff, der auf Milben abschreckend bzw. tödlich wirkte.

¹⁰⁸ Leeuwenhoek (1939–1999, 14.322–355; 15.14). Ein Artikel aus den *Philosophical Transactions* (16.1686–1692, Nr. 193, 502–504), den er in diesem Zusammenhang zitierte, enthielt bemerkenswerterweise nichts über die Fortpflanzung der Läuse.

3.2.6 Zusammenfassung

Ähnlich wie die Beobachtungen von Pflanzen hatte sich also auch der Umgang mit Insekten innerhalb der mikroskopischen Beobachtungen stark gewandelt: Frühe Beobachtungen hatten vor allem Ähnlichkeiten genutzt, um über Vergleiche die Beschreibungen auszugestalten und mittels Analogien die Zeugung bestimmter Insekten zu erklären. Mit zunehmender Dauer der Untersuchungen verschwanden derartige Bezüge jedoch mehr und mehr aus den Beobachtungen, oder die Forscher versuchten sogar sie mit ihren Studien zu diskreditieren. Stattdessen fokussierten sich die Untersuchungen nun stärker auf das Verhalten der Insekten und thematisierten in Folge auch die Fortpflanzung beziehungsweise die Metamorphose zunehmend als Prozesse, während materielle Zusammenhänge eher als beiläufiger Aspekt derselben verstanden wurden. Lediglich Leeuwenhoek griff derartige Verhältnisse sowie die Beziehungen verschiedener Insekten zueinander wieder auf, was jedoch auf die besonderen Umstände seiner Untersuchungen zurückgeführt werden kann. Anders als bei den Pflanzenbeobachtungen verringerte sich also die Relevanz von Analogien insofern, als verstärkt Zusammenhänge von Objekten auf materieller Ebene untersucht wurden. Die Ursache für diese Entwicklung dürfte gewesen sein, dass sich die Beobachtungen in diesem Fall zunehmend mit Prozessen befassten und die Objekte dementsprechend nicht nur als erklärungsbedürftige Strukturen begriffen wurden, sondern als aktive Lebewesen, die selbst aktiv in Beziehung zu anderen Objekten traten.

3.3 Organe: Strukturen und Prozesse

3.3.1 Organe im Zusammenhang des Körpers und als Einzelobjekte

Wie bereits angedeutet, wurden Insekten auch noch unter einer anderen Perspektive zum Objekt für mikroskopische Beobachtungen und stellten in dieser Form den Ausgangspunkt für eine ganz anders gelagerte Entwicklungslinie dar, als im letzten Abschnitt besprochen wurde: Statt die Insekten als spezifische Lebewesen zu erforschen, versuchten diese Beobachtungen anhand dieser Tiere mehr über allgemeine anatomische Sachverhalte in Erfahrung zu bringen und legten dabei die analogienhafte Idee zugrunde, dass unter den meisten Lebewesen eine gewisse anatomische Uniformität bestünde. Diese Beobachtungen veränderten sich im Laufe der Zeit in mehrfacher Hinsicht: Während die ersten Forscher vor allem das Vorhandensein von Organen im Kontext des Körpers von Insekten untersuchten, verlagerten sich spätere Beobachtungen darauf, die Strukturen einzelner Organe zu studieren und zu vergleichen. Hierzu wurden dann auch vermehrt Körperteile von größeren Tieren herangezogen und abstraktere Bezüge zwischen den einzelnen Organen hergestellt: Um mehr über ihre Funktionsweise herauszufinden, wurden nicht nur diejenigen Organe, die einander bei verschiedenen Lebewesen zu entsprechen schienen, miteinander verglichen, sondern auch die Strukturen verschiedener Organe einander gegenübergestellt.

Das Gesamtgefüge des Körpers stellte zunächst den Ausgangspunkt für die Beobachtungen dar, die William Harvey durchführte, um die Theorie des Blutkreislaufes auf ein breiteres Fundament zu stellen, indem er den Herzschlag bei kleineren Lebewesen nachwies. Hierfür versuchte er zu zeigen, dass auch diese Tiere über ein Herz verfügten, beschrieb aber keine strukturellen Details und stellte auch keine Vergleiche zwischen den verschiedenen Lebewesen an. Selbst der Bezug auf die menschliche Anatomie, auf die Harveys Untersuchungen ja eigentlich abzielte, beschränkte sich auf die Idee, dass der Blutkreislauf ein allgemein

vorhandener Körperprozess sei. Dem Ausgangspunkt entsprechend wirkten sich seine Beobachtungen direkt auf die Einschätzung des gesamten Körpers aus, auch wenn nur nach einem einzelnen Organ gesucht wurde: In den Fällen, in denen er kein Herz finden konnte, sprach er den jeweiligen Lebewesen den Status eines vollwertigen Tieres schlichtweg ab.¹⁰⁹

Im Gegensatz dazu standen in Odiernas Untersuchungen in erster Linie die Strukturen im Vordergrund, während die Frage nach der universellen Anwesenheit eines Organs, in diesem Fall der Augen, nur kurz gestreift wurde.¹¹⁰ Zudem löste Odierna die Insektenaugen für die Untersuchungen aus dem materiellen Zusammenhang des Körpers heraus und stellte einerseits basierend auf seinen Beobachtungen auch Vergleiche zwischen den Sehorganen verschiedener Tiere her.¹¹¹ Andererseits bemerkte er eine starke Ähnlichkeit zwischen den Stoffen innerhalb der Augen und denen des Gehirns, was ihn zur Schlussfolgerung brachte, dass das Gehirn bei Fliegen insgesamt innerhalb der Sehorgane saße.¹¹² Während Odierna seine Untersuchungen also ebenfalls bevorzugt an kleineren Lebewesen durchführte, zeugen doch die verschiedenen Vergleiche davon, dass er die Organe nicht mehr nur als Teile des Körpers, sondern auch als Einzelobjekte verstand.¹¹³

Diese Perspektive blieb jedoch zunächst eine Ausnahme, was besonders dann auffällt, wenn man bedenkt, dass Odiernas Untersuchungen zwar zum Bezugspunkt für Borel wurden, dieser allerdings einen grundsätzlich anderen Ansatz verfolgte: Obwohl die Augen der Insekten auch in Borels Beobachtungen besonders berücksichtigt wurden, waren doch Vergleiche zwischen verschiedenen Tieren schon dadurch eingeschränkt, dass er den Text seiner Sammlung von Beobachtungen durchgehend nach einzelnen Objekten untergliederte. Infolgedessen relativierte sich auch der Zusammenhang von Auge und Gehirn der Fliege, der von Odierna besonders herausgestellt worden war, da Borel nun beide Organe in einzelnen, voneinander getrennten Abschnitten behandelte.¹¹⁴ Vielmehr deuten auch die Bemerkungen über andere Organe von Insekten daraufhin, dass es Borel eher wie Harvey darum ging, eine

¹⁰⁹ „Sed notandum & hoc, hyeme, & frigidioribus tempestatibus exanguia aliqua (qualis est Cochlea) nihil pulsans habent, sed vitam magis plantae agere videntur, ut etiam reliqua que plant-animalia ideo dicuntur“ (Harvey 1628, 28). Später heißt es an anderer Stelle: „Cor non in omnibus animalibus invenio distinctam esse, & separatam particulam, alia enim (quasi dicas) plant-animalia cor non habent, quia quaedam animalia sunt frigidiora, exiguae corpulentiae, mollioris textur[ae], similis cuiusdam constitutionis, ut erucarum genus & Lumbricorum, & quae ex putredine oriuntur [...]“ (ebd. 64).

¹¹⁰ Der Nachweis von Sehorganen wird bei Odierna (Pighetti 1961, 324) zwar kurz erwähnt, dient aber vor allem dazu, sich von der naturhistorischen Tradition abzugrenzen (s.o. S. 37).

¹¹¹ Verglichen werden die Augen von verschiedenen Fliegen, Moskitos, Ameisen, Schaben, Schmetterlingen, fliegenden Heuschrecken und Bienen (Pighetti 1961, 324–325). Der Auflösung des materiellen Kontextes entspricht auch die Reihung der Darstellungen vom ganzen Fliegenkopf über das abgetrennte Auge hin zum zerteilten Auge (ebd. 330).

¹¹² „Ond'io, per primo Arcano della mia osseruatione, sti/ mo che la sensazione del vedere, in quest'Animaletti, si produchi nell'istessa sustanza cerebrola, che risiede nell mezzo dell'Organo visiuo. E à creder ciò m'induce il vedere che nei capi di questo, non trouo altra sustanza cerebrosa, eccetto quella che occupa il centro dell'Occhio, e vien chiusa e terminata dall'vuea“ (Pighetti 1961, 327).

¹¹³ „Per terzo Arcano, si manifesta, ch'essendo l'Occhio degl'insetti, assai prominente, in rispetto all'Occhio humano, e potendosi d'ogni banda introdurre le specie all'vuea, è necessario che vedano, e scorgano egualmente tutti gl'obbietti circostanti nell'emisfero, anzi maggior portione d'vn Emisfero; il che à noi non è concesso, eccetto scorgere quelli obbietti, che perpendicolare, vedendo il resto dell'Emisfero assai confusamente. Onde possiamo dire che essi, ne vedere sono più circospetti“ (Pighetti 1961, 327–328). Im Anhang der Schrift werden zudem einige Besonderheiten von Augen größerer Lebewesen erwähnt, diese aber nicht direkt mit denen der Insekten verglichen (ebd. 333–334).

¹¹⁴ Vgl. die von Odierna übernommenen Beobachtungen an der Fliege (Borel 1656a, *Centuria*, XXXIII, XLIX) mit seinen eigenen Beobachtungen (ebd. XII, XXXIV, XC).

Uniformität der Anatomie bei allen Lebewesen nachzuweisen, indem auf die Anwesenheit der wichtigsten Organe verwiesen wurde.¹¹⁵ In den meisten Beobachtungen stand demzufolge wiederum eher der ganze Körper als die Strukturen einzelner Organe im Fokus der Untersuchungen. Zwar findet sich in Borels Beobachtungen auch ein Abschnitt, der sich mit dem mikroskopischen Aufbau einzelner Organe befasste, dieser beschränkte sich allerdings darauf festzustellen, dass die Parenchyme aller Organe grundsätzlich über die gleiche Struktur verfügten. Einerseits wurde also wiederum der Zusammenhang der einzelnen Teile des Körpers betont, andererseits zugleich die anatomische Uniformität auf einer neuen Ebene hervorgehoben.¹¹⁶

Auch in Powers Insektenbeobachtungen war der zentrale Punkt weiterhin, bestimmte Organe und vor allem das Herz nachzuweisen. Zwar wurden auch Untersuchungen zur Struktur der Augen erwähnt, auf Vergleiche wurde hierbei jedoch verzichtet.¹¹⁷ Hooke beschränkte sich in dieser Hinsicht sogar auf die Beschreibung des Fliegenauges, während er sich hinsichtlich der inneren Organe abermals damit begnügte, ihre Existenz zu vermerken.¹¹⁸ In beiden Fällen dominierte also schon wie bei Harvey weiterhin die Einbindung der Organe in das Gesamtgefüge des Körpers die Beobachtungen. Ausgenommen hiervon waren bemerkenswerterweise die Augen, die ja auch für Odierna, der am stärksten von den Tendenzen seiner unmittelbaren Zeitgenossen abwich, das zentrale Thema gewesen waren. Ursache hierfür dürfte gewesen sein, dass die Augen im Gegensatz zu anderen Organen bereits zuvor verstärkt Gegenstand naturphilosophischer Überlegungen und geometrisch-optischer Modelle geworden waren und deshalb für Odierna, Borel, Power und Hooke, die allesamt auch Interessen in diesen Gebieten verfolgten, von besonderem Interesse waren.

3.3.2 Neue Objekte

Auch wenn sich Odiernas Perspektive von der seiner Zeitgenossen so deutlich unterschied, schlugen spätere Beobachter, allen voran Marcello Malpighi, einen ähnlichen Weg ein.¹¹⁹ Über mehrere Jahre hinweg stellte Malpighi Untersuchungen an, die sich mit einzelnen, vom Körper losgelösten Organen und ihren Strukturen beschäftigten. Dabei ging es weniger darum, Übereinstimmungen im Aufbau der verschiedenen Körper im Großen herauszustellen, sondern die Funktionen der jeweiligen Körperteile zu erschließen. Ein weiterer wichtiger Unterschied zu seinen Vorgängern bestand darin, dass die Beobachtungen von vorneherein nicht auf bestimmte Arten von Lebewesen eingeschränkt wurden: Bereits für seine Untersuchungen der Lunge bediente sich Malpighi verschiedener gesunder und kranker Säugetiere.¹²⁰ Den entscheidenden Schritt stellte jedoch der Einbezug von Fröschen und Schildkröten in die Beobachtungen dar, denn nur bei diesen waren die postulierten Verbindungen der

¹¹⁵Borel (1656a, *Centuria*, IX, XI, XII, XLIX, L, LXXXIV). Man beachte die explizite Erwähnung des Blutkreislaufes (ebd. XI).

¹¹⁶Borel (1656a, *Centuria*, LXXVI). S.o. S. 57–58.

¹¹⁷Power (1664, 1–15).

¹¹⁸Zu den Augen siehe Hooke (1665, v.a. 175–180). Ferner wurden als äußere Organe die Beine und Flügel verschiedener Insekten beschrieben (ebd. 169–174). Die Bemerkungen zu den inneren Organen beschränkten sich auf Beobachtungen von Insekten mit *transparentem* Thorax (ebd. 211–215).

¹¹⁹Belloni (1967, 281) und Meli (2011a, 41–42) vermuten sogar ausgehend von Übereinstimmungen bei den verwendeten Techniken, dass Malpighi direkt durch Odiernas Beobachtungen inspiriert worden war.

¹²⁰„Pulmonariae molis divisio communiter sumitur à figura, & situ; duas enim habet partes intercedente mediastino, quae iterum in duos lobos in hominibus, praecipue non rarò subdividuntur, in brutis autem multiplicantur. Mirabiliorem & altiorum observavi divisionem, pulmonum enim moles lobulis penè infinitis propria membrana

Blutgefäße sichtbar, die eine Zirkulation ermöglichten. Trotz des unterschiedlichen Vorgehens glich Malpighi den anderen Forschern aber insofern, als er diese Struktur nun im Sinne anatomischer Uniformität auch auf alle anderen Lebewesen übertrug.¹²¹ Einerseits hatten also die Beobachtungen die Organe aus dem Zusammenhang des Körpers entfernt, ohne die Idee der Gleichförmigkeit zu berücksichtigen, andererseits war dieselbe aber auf der Ebene mikroskopischer Strukturen und Funktionsweisen weiterhin wirksam.

Während bei diesen frühen Beobachtungen die Lungen der Frösche und Schildkröten noch gewissermaßen als ein Idealtypus der Lungen aller Tiere verstanden wurden, bewegten sich spätere Untersuchungen stets in einem Spannungsfeld zwischen individuellen Charakteristika der Organe und verallgemeinerbaren Eigenschaften: So war bei der Untersuchung des Gehirns 1665 vor allem der Vergleich zwischen Rindern und Fischen aufschlussreich, bei späteren Beobachtungen hingegen der zwischen Fischen und Vögeln.¹²² Die Beobachtungen der Zunge bezogen sich hingegen ausschließlich auf Säugetiere, bei denen sich keine größeren Unterschiede in der Struktur zeigten.¹²³ Bezüglich der Haut als Tastorgan wurden vor allem Füße und Lippen von Schweinen und Rindern einem engeren Vergleich unterzogen, letztlich zeigte sich aber, dass die Haut von letzteren am besten für Beobachtungen geeignet war.¹²⁴ Für die Fetthaut stellte Malpighi hingegen zu Beginn seiner Ausführungen fest, dass ihre Struktur sowohl bei Menschen als auch Hunden, Wild, Schweinen und Fischen deutlich zu erkennen sei. Trotzdem ließ er Studien an einer vergleichsweise großen Anzahl verschiedener Säugetiere folgen, vermutlich weil entgegen aller Bemühungen die Funktion dieses Körperteiles nicht ersichtlich wurde.¹²⁵ Die Ausführungen zur Leber schritten hingegen von kleineren Lebewesen wie Schnecken, Eidechsen und Mäusen über Rinder und Katzen zum Menschen fort, bei dem sich letztlich die aus Malpighis Sicht grundlegende Struktur finden sollte, von der Fische und Katzen jedoch abwichen.¹²⁶ Ebenso fanden sich bezüglich der Niere Besonderheiten bei Hunden, Vögeln und Ziegen, während Malpighi meinte, dass neben Menschen und Rindern vor allem Schildkröten und Katzen die reguläre Struktur gut zu erkennen gaben.¹²⁷ Dahingegen zeigte sich die Struktur der Milz besonders deutlich bei Schafen und Rindern, es wurden aber auch Hunde, Pferde, Ziegen, Schweine, Fische und Eidechsen untersucht, wobei die beiden letzten eine deutlich abweichende Struktur aufwiesen.¹²⁸ In allen Fällen führte also die Auseinandersetzung mit einer zunehmenden Anzahl an Objekten zu einer gewissen Vorsicht vor Verallgemeinerungen, ohne dass allerdings die Idee anatomischer Uniformität an sich dadurch angezweifelt worden wäre. Es ist

circumseptis [...] conflatur [...] Ulterius cum frequenter vesiculas [...] in istis interstitiis observaveram, item in animalibus senibus, & aliis quibusdam morbo extinctis, puncta quaedam nigra [...]“ (Malpighi 1687, 2.322).

¹²¹Mit Bezug auf die Beobachtungen an Fröschen und Schildkröten schrieb Malpighi: „Ex his igitur prima problemata resolvenda ex analogia, simplicitatèque qua utitur natura in suis operibus colligi potest rete illud, quod alias nerveum credidi vesicis, & sinibus immixtum vas esse deferens sanguineum corpus, seu idem efferens, & quamvis in perfectorum animantium pulmonibus in medio annulorum retis aliquando vas definire, & hiare videatur, probabile tamen est, prout sit in cellulis ranarum, & testudinum, illud vas minima ulterius propagata vasa ad modum retis habere, quae propter exiguitatem suam exquisitam etiam sensum effugiant“ (*De pulmonibus* (1661: Malpighi 1687, 2.329)).

¹²²Vgl. die Ausführungen in *De cerebro* (1665: Malpighi 1687, 2.115–118), die zudem auch auf Schildkröten Bezug nahmen, und *De viscerum structura* (1666: ebd. 2.269–270, 273).

¹²³Siehe *De lingua* (1665: Malpighi 1687, 2.167).

¹²⁴*De externo tactus organo* (1665: Malpighi 1687, 2.201, 203–204).

¹²⁵*De omento* (1665: Malpighi 1687, 2.228, 229–230, 235–236).

¹²⁶*De viscerum structura* (1666: Malpighi 1687, 2.251–254).

¹²⁷*De viscerum structura* (1666: Malpighi 1687, 2.279–281, 284).

¹²⁸*De viscerum structura* (1666: Malpighi 1687, 2.291, 292–294, 297, 301).

im Gegenteil auffällig, wie problemlos scheinbar für jede Organstruktur ein anderes Lebewesen zum Idealtypus erklärt werden konnte. Erst diese Festlegung machte überhaupt erst Schlussfolgerungen aus den Beobachtungen möglich, da nur durch sie ein Bezugsrahmen entstand.

Auch Vergleiche zwischen verschiedenen Organen wurden mehrfach zu einem konstruktiven Faktor innerhalb von Malpighis Beobachtungen: Der Verweis auf eine der Lunge entsprechende Verzweigung von Blutgefäßen in der Harnblase von Fröschen beziehungsweise von Gefäßen in Pflanzenblättern diente noch in erster Linie illustrativen Zwecken, ebenso der Vergleich der faserigen Strukturen von Gehirn und Hoden.¹²⁹ Die Ähnlichkeit zwischen den Strukturen von Lunge und Placenta schien für Malpighi hingegen darauf hinzudeuten, dass beide eine ähnliche Funktion erfüllen müssten, nämlich die Aufbereitung des Blutes durch Beimischung eines von außen kommenden Stoffes.¹³⁰ Und in der Untersuchung der Zunge erwies sich der Vergleich mit ähnlichen Strukturen sogar als nützlich um zwischen verschiedenen Nervenwarzen zu differenzieren: Malpighi unterschied hier zunächst drei Arten, von denen jedoch letztlich zwei in ihrem Stoff und ihrer Form darin übereinstimmten, dass sie Malpighi an Schneckenaugen erinnerten, während die andere Art eher den mikroskopischen Warzen ähnelte, die sich auf den Wurzeln von Zähnen finden ließen.¹³¹ Diese Feststellung bildete wiederum den Ausgangspunkt für eine vergleichende Untersuchung zum Tastsinn, wo gezielt nach ähnlichen Strukturen an verschiedenen Stellen von Körpern gesucht wurde und Vergleiche zwischen diesen das Kernstück der Überlegungen bildeten.¹³²

Auch wenn derartige Vergleiche in den meisten Fällen die Beobachtungen zunächst voranzubringen schienen, wurde Malpighi mit der Zeit doch vorsichtiger, was Schlussfolgerungen aus solchen Ähnlichkeiten von Mikrostrukturen anging: Nachdem er in den Fetthäuten eine Struktur gefunden hatte, die der Hülsenstruktur der Lunge ähnelte, vermutete Malpighi, dass einige Formen hier als Fettgefäße verstanden werden könnten; analog zu den verbundenen Blutgefäßen in der Lunge. Es gab jedoch keinen Weg diese Annahme zu bestätigen, und deswegen stufte Malpighi sie zunächst als eine „Wahrnehmungsvermutung“ ein, beschäftigte sich aber mit dieser Frage scheinbar noch bis ins hohe Alter.¹³³ Nach die-

¹²⁹ *De pulmonibus* (1661: Malpighi 1687, 2.329–330); *De cerebro* (1665: ebd. 2.116).

¹³⁰ „Ex his, & consimilibus [...] cū necessarium in animalibus sanguineis pulmonum opem conspicerem, & his otiantibus in foetu quandam molem in mulieribus uterinam placentam dictam, in quam ultimo terminantur umbilicalia vasa viderem, non incongruè fortasse credidi, hanc esse pulmonum vicariam, per hanc enim consimili ramificatione excurrunt propagata vasa, & à matre exsudans humor albus adveniēti copioso sanguini per umbilicales arterias, ità exacte miscetur, ut jam factus sanguis ad cor iterum rehevatur, & indè in universum corporis habitum“ (*De pulmonibus* (1661: Malpighi 1687, 2.325)). Für die eher illustrativen Vergleiche siehe ebd. (2.329–330).

¹³¹ „hae [papillae] in bove, caprâ, ove, & ipso etiam homine, ex configuratione, & magnitudine sunt in triplici discrimine: observantur enim aliquae grandiores, quae ad latera praecipuè apicis linguae situantur [...] in basis autem lateribus aliquae, & insigniores: Hae substantia, & figura videntur aemulari cornua emissilia, & conductilia, quae in limacibus conspiciuntur [...] Exordium habent à nervoso & papillari corpore, continuitas enim, eadem accidentia, & substantia modus in utrisque consimilis observantur [...] Succedunt alterius ordinis papillae copiosiores exaratis [...] Circa basim linguae in cornuum situ papillae nervae enarraetae foràs eminentes mutant figuram, & obtusiores, mox subrotundae, & depressiores fiunt, & harum insigniores non valdè absimiles sunt iis, quae ad radices dentium in buccis observantur“ (*De lingua* (1665: Malpighi 1687, 2.167)). Der Vergleich mit der Struktur von Zähnen war bereits kurz zuvor gezogen worden (ebd. 1.166). Dies deutet an, dass Malpighis Beobachtungen zu Knochen und Zähnen, die erst in seinen posthumen Werken (Malpighi 1697, *Vita*, 47–55) veröffentlicht wurden, 1667 nicht erst begannen (vgl. Adelman 1966, 1.321), sondern vielmehr intensiviert wurden.

¹³² *De externo tactus organo* (1665: Malpighi 1687, 2.201–204).

¹³³ „Omentum conflatur quidem ex tenui extensa membrana, sed in sacculos, strias, seu mavis amplum vas excavata, & propagata [...] ea tamen lege, ut è tot stria, seu sacculo, minimi lobuli, diversae figurae pinguedine referti, propriis

sen problematischen Untersuchungen an der Fetthaut wurden zwar Ähnlichkeiten zwischen verschiedenen Organen generell mit einem größeren Maß an Skepsis festgestellt, dennoch blieb der Vergleich zwischen gleichen Organen weiterhin ein zentraler Aspekt von Malpighis Beobachtungen. Letztlich entstand so ein Geflecht aus Vergleichen, dessen implizite Aussage war, dass alle Organe mehr oder weniger über die gleiche Struktur verfügten.¹³⁴

Anders als derartige strukturelle Vergleiche wurden funktionale Beziehungen zwischen verschiedenen Organen eines Körpers in Malpighis Beobachtungen nur in speziellen Einzelfällen thematisiert: Wie bei Odierna wurde der Zusammenhang von Gehirn und Augen beziehungsweise Sehnerven untersucht, und bei späteren Beobachtungen wurden auch die Verbindungen zu anderen Nerven und zum Rückenmark vermerkt.¹³⁵ In ähnlicher Weise wurde auch das Studium der Fetthaut auf umliegende Strukturen, insbesondere die Verbindung zu den inneren Organen ausgedehnt.¹³⁶ In beiden Fällen hatte Malpighi die Beobachtungen scheinbar deswegen ausgeweitet, weil es ihm nicht gelang, allein von der Struktur des primären Objektes auf seine Funktionsweise zu schließen. Denn während er sich diesbezüglich hinsichtlich des Hirns auffälligerweise gar nicht erst äußerte, bekannte er auf die Fetthaut bezogen sogar explizit sein Unverständnis.¹³⁷

Nachdem also die Beobachtungen seiner Vorgänger mit Ausnahme von Odierna den Zusammenhang von Organen und Körper betont hatten, und das Mikroskop in diesem Kontext nur benutzt worden war, um auch die Anatomie kleinerer Lebewesen hinsichtlich ihrer Übereinstimmung mit größeren Lebewesen untersuchen zu können, machte Malpighi innerhalb seiner Beobachtungen, die über einen beträchtlich längeren Zeitraum durchgeführt wurden, die einzelnen Organe verschiedener Lebewesen zu Objekten. Dabei wurde nicht nur der Zusammenhang mit dem Körper zum großen Teil aufgelöst, sondern auch die Organe ausgehend von ihren Strukturen miteinander verglichen. Die bisher dominierende Idee der Uniformität wurde dabei schließlich auf die Ebene mikroskopischer Strukturen ausgeweitet. Analogieschlüsse ausgehend von den Vergleichen innerhalb des engen Bezugfeldes der inneren Organe schienen Malpighi allerdings problematisch zu sein. Dies ist ein bemerkens-

vasis irrigati, propriâque membrana obvelati, ut in pulmonaribus ramificationibus ex sibi invicem adaptis lobulis alias observavimus, contineatur, & investiantur. [...] observamus protuberantes, & elatas hujusmodi strias, quae in minores proportionaliter descrescentes in vasorum modum undique spargantur, & nonnumquam propagines ramis, & sinibus sibi invicem anastomosi occurrunt [...]" (*De omento* (1665: Malpighi 1687, 2.228)). – „Cujus naturae sint haec corpora per Omentum copiosè dispersa, ambiguum videbitur, eò quia ob ipsorum exiliatem, & pinguedinis lentorem ligaturae administrari nequeunt, ideò quibusdam sensatis conjecturis ratione duce, incedendum venit“ (*De omento* (1665: Malpighi 1687, 2.230)). In seiner *Vita* schätzte Malpighi dieses Werk folgendermaßen ein: „Varia continentur in exarato opusculo, de quibus adhuc dubius sum. [...] Vasorum autem, seu ductuum adiposorum existentiam non adhuc integre afferere audeo, licet circa ipsa ex inde sollicitus plurimum me exercuerim“ (Malpighi 1697, *Vita*, 25).

¹³⁴Dies lässt sich ausgehend von den Feststellungen erschließen, dass die Leber in gewisser Weise der Lunge zu ähneln schien (*De viscerum structura* (1666: Malpighi 1687, 2.253)), das Hirn wiederum der Leber (ebd. 2.271), und die Milz schließlich sowohl der Leber (ebd. 2.293) als auch der Lunge (ebd. 2.297–299).

¹³⁵*De cerebro* (1665: Malpighi 1687, 2.120–122); *De viscerum structura* (1666: Malpighi 1687, 2.275, 277).

¹³⁶Dies betraf die Verbindungen zu Milz, Magen, Hoden, Herz und Nieren (*De omento* (1665: Malpighi 1687, 2.230–232, 240–242)). Ferner wurden die Beobachtungen durch Vergleiche mit Knochenmark ergänzt, da dieses eine ähnliche Struktur wie Fett aufwies (ebd. 2.236).

¹³⁷In *De cerebro* finden sich anders als in den anderen *Epistolae anatomicae* keine Ausführungen zur Funktionsweise des Gehirns (vgl. Malpighi 1687, 2.113–124). Diesbezügliche Passagen in *De viscerum structura* beschränken sich auf die Hirnrinde, die als eine Art Filter verstanden wurde (ebd. 2.275–277). Bezüglich der Funktion der Fetthaut schrieb Malpighi: „Quare dicere quidem possumus, Mesenterium esse Adiposum, quo è Ventriculo, & tenuibus aliquando Intestinis elabens, seu percolata oleosa substantia per propria vasa, seu ductus transferatur, propriis etiam cellulis conservetur ad usus soli naturae fortè notos“ (ebd. 2.237).

werter Gegensatz zu seinen weiterreichenden Analogien zwischen Pflanzen und tierischen Lebewesen und den zahlreichen Fällen, in denen Analogien ein zentraler Aspekt der Heuristik gewesen waren. Je enger der Rahmen von Analogien wurde, desto schwieriger waren sie also scheinbar aufrecht zu halten.

3.3.3 Reduktion auf Elemente

Leeuwenhoek ging bei seinen Beobachtungen in diesem Bereich abermals zu einem großen Teil unabhängig von den bisher geschilderten Entwicklungen vor: Der Teil seiner frühen Insekten-Beobachtungen, der auf anatomische Strukturen abzielte, war letztlich vollkommen anders ausgerichtet als die Untersuchungen, die er an den Organen von Säugetieren durchführte: Die Beobachtungen an Läusen und Bienen vom April 1673, die bereits im vorigen Abschnitt erwähnt wurden, beschränkten sich auf einige äußere Gliedmaßen dieser Tiere und beinhalteten keinerlei Vergleiche.¹³⁸ Anders war es, als Leeuwenhoek im folgenden Jahr über Untersuchungen an Leber, Hirn, Rückenmark und Fett von Kühen und Schafen berichtete: Diese Beobachtungen waren wiederum in engem Zusammenhang miteinander durchgeführt worden und stimmten auch darin überein, dass Leeuwenhoek in allen Fällen feststellte, dass die Organe aus den gleichen Globuli bestünden, die er zuvor auch im Blut gefunden hatte. Die Organe wurden hier also nicht als funktionale Gebilde untersucht, sondern wie zuvor die Körperflüssigkeiten als Stoffe aus bestimmten Bestandteilen; eine Tendenz, die sich auch in einer ganzen Reihe von Beobachtungen fortsetzte, die Leeuwenhoek in den nächsten Jahren anstellte.¹³⁹

Allerdings sah sich Leeuwenhoek später genötigt, diese unter dem Mikroskop sichtbar werdende Übereinstimmung aller Organe hinsichtlich ihrer Strukturelemente zu revidieren: Ab Mai 1678 musste er zuerst bei den Zähnen, dann aber auch bei Augen und Muskeln feststellen, dass die zuvor gefundenen Globuli hier nicht die eigentlichen Strukturen darstellten.¹⁴⁰ Die bisherigen Beobachtungen an anderen Organen wurden daraufhin jedoch nicht

¹³⁸ Leeuwenhoek (1939–1999, 1.32–39).

¹³⁹ „De lever van een schaeap, en van een vet, en bloetrijck Koebeest, sijn bij mij geobserveert, ende bevinde die mede te bestaan, uijt seer kleijne Clootgens, welcke clootgens haer soo kleijn vertonen, als de clootgens van het bloet [...] De Hersenen van een Koebeest bij mij geobserveert, bevinde de Witte substantie, mede te bestaan, uijt seer subtijle clootgens [...]“ — „Again, I have observed the Liver of a Sheep, and that of a fat pletorick Cow, and they also consisted of very small Globuls, which appear'd so little as those of Blood [...] The Brains of a Cow being viewed by me, I found the White substance thereof to be made up also of very fine Globuls [...]“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.106–107). S. a. die späteren Beobachtungen von Hirn (ebd. 1.214, 216–225) und Leber (ebd. 1.214), ferner die damit verbundenen Beschreibungen von Rückenmark (ebd. 1.108–109, 2.224–227) und Fett (ebd. 1.124–127) sowie die vorangegangenen Beobachtungen an Zähnen und Knochen (ebd. 1.86, 104). Weitere Beobachtungen von Organen und ihren Globen umfassten Augen (ebd. 1.138–151), Nerven (ebd. 1.150–153, 192–195, 214–217, 268–271), Hamblasen (ebd. 1.182) und Fleisch bzw. Muskeln (ebd. 1.182; 2.212–215, 314).

¹⁴⁰ „Ick heb in mijn missive vanden geschreven hoe dat het been bestont uijt doorschijnende globulen, dit selfde heb ick aen verscheijde Heeren laten sien, die dit alle hebben toe gestaen, en estimeerden soo danigen vergroot glas, dat soo scharp sagh, seer hoogh; Jn dit gevoelen ben ick gebleven tot primo Meij [...] in dit ondersoek heb ick gesien, dat de globulen, die ons seer naeckst voor de ooggen schenen, en wij seeckerlijck mosten oordeelen, dat globulen waren: daer in quamen te dwalen, en voornamentlijck doen ick glasen gebruijckten, die veel scharper sagen, en meerder vergrootende waren, want doen konde ick seer klaer en naeckst sien, dat het gantsche been was te samen geset, uijt uijtsteekende seer kleijne doorschijnende pijpiens.“ — „In my letter of I wrote to tell you that bone consists of transparent globules. I also demonstrated this to several gentlemen who all attested this and had a high opinion of a magnifying glass through which things were seen so sharp. I adhered to this opinion till the first of May [...] During this examination I found that we erred with regard to the globules, which we imagined to see so distinctly that we could not but take them for globules; especially when I used much stronger

wiederholt: Einerseits blieben die Globuli weiterhin die grundlegenden Strukturelemente der anderen, bereits untersuchten Organe, wenn zu späteren Zeitpunkten auf die entsprechenden Beobachtungen verwiesen wurde.¹⁴¹ Andererseits versuchte Leeuwenhoek auch in anderen Fällen die Strukturen auf anatomische Grundelemente zu reduzieren: Seine Überlegungen zum Wachstum der Haut basierten, auch wenn er sie schließlich modifizieren musste, auf der Idee von Schuppen als grundlegenden Teilen, die sich zu Schichten verbinden würden.¹⁴² Bei den Muskeln wurden hingegen die Fäden der Muskelfasern zum neuen Grundelement erklärt, nachdem die Globuli ausgehend von Beobachtungen an Ochsenzungen zum Artefakt erklärt worden waren.¹⁴³

Die Globuli spielten jedoch in anderer Hinsicht weiterhin eine wichtige Rolle für Leeuwenhoeks Beobachtungen: Erst durch diese Partikel wurde es möglich, die Flussrichtung des Blutes genau zu erfassen, und somit den Blutkreislauf als Prozess zu beobachten.¹⁴⁴ Nachdem er bereits 1675 in einer Randbemerkung auf die Theorie des Blutkreislaufes eingegangen war, konnte Leeuwenhoek nach einigen erfolglosen Beobachtungen auf diese Weise ab 1688 für eine zunehmende Menge an Lebewesen direkt nachweisen, dass in ihren Körpern

glasses, with greater magnification, for then I could see quite clearly and distinctly that the whole tooth was made up of very small transparent pipes“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.366–369). Der Verweis auf einen früheren Brief ist im Manuskript ohne Datum, zu beachten ist ferner, dass auch in früheren Beobachtungen nicht zwischen Zahn und Knochen unterschieden wurde. Bezüglich des Zweifels an den Globuli in Muskeln und Augen bei späteren Beobachtungen siehe ebd. (3.385–387; 4.225–227).

¹⁴¹Rückenmark und Harnblase wurden in Leeuwenhoeks späterer Korrespondenz nicht mehr erwähnt, Untersuchungen der Leber hingegen nur noch im Zusammenhang mit Parasiten (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.416–419; 13.4; 14.252–258). Spätere Beobachtungen des Gehirns führten nicht zu einer ähnlichen Revision seiner Struktur aber zu einer Verlagerung zurück auf Insekten (ebd. 4.254–281; 10.128–131; 12.228–231). Auch bei Fett (ebd. 1.288; 15.300) und Nerven (ebd. 1.334; 5.320–323; 12.227–229) wurden keine Korrekturen für notwendig erachtet.

¹⁴²Leeuwenhoek ging von Anfang an davon aus, dass jedwede Haut aus Schuppen bestehen würde. Diese würden zu Schichten verbunden werden, die einerseits abgenutzt, andererseits wie bei pflanzlichem Wachstum durch darunter wachsende Schichte ersetzt werden würden (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.112–115, 370). Diese Idee war wahrscheinlich von der schuppigen Haut bestimmter Fische inspiriert, auch wenn Beobachtungen zu diesen erst später in seiner Korrespondenz auftauchten (ebd. 4.140–151). Neben diesen untersuchte Leeuwenhoek mehrfach seine eigene Haut (ebd. 2.382–387; 4.168–171) sowie von Menschen mit Hautkrankheiten (ebd. 4.176–181, 286–293) oder anderer Hautfarbe (ebd. 2.238; 4.244–251). Ein Problem für seine Theorie stellten Aale und Brassen dar, da diese über eine schleimige Haut verfügten: Zunächst charakterisierte Leeuwenhoek diese im Juli 1684 als einen bloßen Überzug auf der eigentlichen Haut (ebd. 4.292–299). Nach weiteren Beobachtungen änderte er seine Ansicht im Oktober 1685 dahingehend, dass auch auf dieser Schleimhaut eine Art Schuppen zu finden wäre, nebst Gefäßen, die für deren Wachstum verantwortlich seien. Auch in diesem Fall wurde analog die Interpretation der Strukturen beim Menschen korrigiert (ebd. 5.326–339). Im April 1686 wurde dies ausgehend von der Haut des Stintes erneut modifiziert, da Leeuwenhoek meinte hier einen Hinweis darauf zu erkennen, dass die Schuppen einzeln von ihrem Zentrum aus wachsen würden (ebd. 6.32–43). Schließlich änderte er 1696 seine Interpretation ausgehend von den unregelmäßigen Schuppen bei einem Aal ein drittes Mal und nahm (wiederum in Analogie zu Pflanzen) ein jährliches Wachstum der Schuppen an, die sich dann nach einer Pause mit neuen Schuppen verbinden würden (ebd. 11.108–113).

¹⁴³Nach einigen frühen Beobachtungen (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.108, 182; 2.210–213, 315) an nicht näher spezifizierten Muskeln von Rindern und Fischen schilderte Leeuwenhoek im März 1682 die Beobachtungen an Ochsenzungen, in denen er die Globuli als Schrumpfung der Fasern verstand (ebd. 3.384–397). Das Gleiche stellte er im Anschluss für verschiedene Körperteile von Rindern, Aalen und anderen Fischen, Hasen, Austern, Schrimps und Hummern fest (ebd. 3.397–411, 420–431). Siehe auch die späteren Beobachtungen von Flöhen, Läusen und Fröschen, die explizit davon ausgingen, dass bei allen Tieren die gleichen Strukturen vorliegen würden (ebd. 4.18–21, 26–29, 84–87). Im April 1694 wandte sich Leeuwenhoek auf Bitten eines unbekanntem Professors erneut dieser Frage zu und untersuchte erneut Ochsenzungen, aber auch die Herzen von Schafen, Ochsen, Enten und Dorschen. Hier wurden die Fasern nicht erwähnt, jedoch eingangs darauf hingewiesen, dass eine detailliertere Untersuchung zu viel Arbeit für Leeuwenhoek dargestellt hätte (ebd. 10.66–85).

¹⁴⁴Ruestow (1996, 175–187, 188–189).

das Blut zirkulierte. Hierbei erwiesen sich nun Insekten als eine besondere Herausforderung: Nachdem es ihm zunächst nicht gelungen war bei Fliegen, Kakerlaken und Flöhen die Zirkulation des Blutes zu erkennen, verlagerte Leeuwenhoek seine Beobachtungen hauptsächlich auf Frösche und Fische, bei denen er tatsächlich mehr Erfolg hatte.¹⁴⁵ Im Folgenden versuchte er sich auch an Säugetieren und Vögeln, erlitt dabei aber einen Rückschlag.¹⁴⁶ Und als er sich dann 1692 ein weiteres Mal den Insekten zuwandte, schlugen auch die Beobachtungen an Grashüpfern, Eulenfaltern, Flöhen und Läusen fehl. Infolge dieses erneuten Scheiterns an den Insekten sah sich Leeuwenhoek nun dazu gezwungen, von der Idee Abstand zu nehmen, dass der Blutkreislauf einen universellen Lebensprozess darstellte und blieb auch bei späteren Beobachtungen skeptisch, wenn er meinte, etwas entsprechendes zu sehen.¹⁴⁷ In diesem Zusammenhang wird auch verständlich, warum Leeuwenhoek sich in seinen Beobachtungen zwar ausgiebig über die mikroskopischen Strukturen äußerte, aber nur in seltenen Fällen dazu bereit war, auch etwas zu den in ihnen stattfindenden Prozessen oder gar zu den Funktionen der Organe zu sagen: Leeuwenhoek sah es nur als möglich an, diejenigen Prozesse durch Beobachtungen zu erschließen, die in ihrem ungestörten Ablauf direkt zu erkennen waren.¹⁴⁸

¹⁴⁵Die erste Bemerkung zur Zirkulation findet sich bemerkenswerterweise in einer Beschreibung eines Eichenblattes (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.288), ab November 1683 wurden dann Versuche erwähnt, den Blutkreislauf direkt zu beobachten; zumeist an Insekten (ebd. 3.308–313, 326; 4.78, 258–263). Ein erster Hinweis auf das Gelingen dieses Vorhabens folgte erst im Juli 1688 (ebd. 7.276), gefolgt von einer langen Reihe von Beobachtungen an Fröschen (ebd. 8.20–27, 36–41; 12.336–351; 13.16, 340–343), Fischen (ebd. 8.40–53, 68–81, 94–105, 110–115, 132–135; 10.256; 11.308–311; 12.240–249; 13.132–137, 140–153; 14.4–9, 146), Krabben (ebd. 10.148–151, 168–177) und Eidechsen (ebd. 13.26–35).

¹⁴⁶„En moet tot Hare Hoogh Ed: seggen, dat ik uijt alle de observatien die ik hebbe gedaen, soo ontrent de kik-vors, Visschen, en Vleer-muijs, waar in ik mij de loop ofte circulatie van het bloet seer naakt hebbe voor de oogen gestelt; beelde ik mij sekerlijk in, dat de circulatie van het bloet, in alle Dieren, op eenderleij wijze wiert te weeg gebragt. Dog ik hebbe egter mijne observatien gecontinueert, omme was het mogelijk, in andere dieren den ommeloop van het bloet mede te ontdekken. Maar het is mij doorgaans gemist, alleen, om dat de deelen vande Lighamen, die ik quam te observeren, te dik waren.“ — „And I must tell Your Honours that, from all the observations which I have made, both in the frog, Fishes, and Bat, wherein I have very clearly put the course or circulation of the blood before my eyes, I have formed the positive conviction that the circulation of the blood in all Animals is caused in one and the same way. But I have nevertheless continued my observations, in order, if possible, to discover the circulation of the blood also in other animals. But I have generally failed in this, merely because the parts of the Bodies which I came to examine, were too thick“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 8.192–195). Siehe auch die erfolglosen Beobachtungen von Säugetieren und Vögeln (ebd. 8.154–169, 192–195, 200–203; 12.94–97), Schnecken (ebd. 12.184) und Skorpiionen (ebd. 12.324).

¹⁴⁷„Vorders heb ik in gedagten genomen, of de bloet-vaaten, die inde geseijde wicken sijn, niet en bestonden uijt arterien en venae. Dog ik heb niet kunnen sien, datter meer dan eenderleij vaaten, door de wicken liepen, hoe menigderleij soort van dese schepselen ik ook quam te observeeren, als alleen, dat ik mij inbeelde eens gesien te hebben, in het dunste vande wiek van een Sprink-haan, dat op de groote vaaten, die digst aan het lighaam geplaat lagen, een ander soort van vaaten lag. Wijders stelde ik vast, datter geen circulatie van het bloet inde wicken was [...]“ — „I then considered whether the blood-vessels in the said wings did not consist of arteries and veins. But I could not see that there were vessels of more than one kind running through the wings, however many species of these creatures I observed; only in one case did I imagine I had seen, in the thinnest part of the wing of a Grasshopper, that there were vessels of a different kind lying on the large vessels placed closest to the body. I further assumed it to be certain that there was no circulation of the blood in the wings [...]“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 9.62–63). Siehe auch die Analogie zu pflanzlichen Gefäßen (s.o. S. 103, Fn.) und die vorangegangenen und späteren Beobachtungen (ebd. 9.54, 56–63; 168, 292–295; 13.320–323, 344, 358). Man beachte aber, dass die engl. Übersetzung in den letzten Abschnitten an wichtigen Punkten zu großen Teilen fehlerhaft ist und Leeuwenhoeks Bemerkungen zu Bewegungen des Blutes ohne Differenzierung durchweg mit „circulation“ wiedergibt.

¹⁴⁸„Als het nu mogelyk was, dat we den loop van het bloet in die vaaten konden sien loopen, en circuleeren, ende daer benevens dat beschouwen, hoe de vaaten de stoffe uit de Chyl overnamen, wat zouden we dan verbaest staen, over zoodanige uitwerkingen, daer we nu alleen ons moeten vergenoegen, met inbeeldingen daer van in onse hersenen te

Leeuwenhoeks Beobachtungen von Organen waren also vor allem durch die Tendenz geprägt, die Objekte auf Ansammlungen von Strukturelementen zu reduzieren. Dadurch wurde zwar in gewisser Weise eine enge Verbindungen zwischen ihnen hergestellt, in anderer Hinsicht wurden sie jedoch noch stärker als zuvor unabhängig vom Gesamtgefüge des Körpers betrachtet. Dies trug vielleicht auch dazu bei, dass über die Prozesse, die innerhalb dieser Objekte abliefen, nur in Ausnahmefällen etwas ausgesagt wurde. Wie Malpighi hatte Leeuwenhoek also innerhalb eines engen Bezugsrahmens von Analogieschlüssen absehen müssen. Während sich die Feststellung von Strukturelementen bei Malpighi als alternatives Ergebnis der Beobachtungen anstelle von Analogien bereits angedeutet hatte, wurden sie bei Leeuwenhoek zum zentralen Aspekt, der allerdings eine ähnliche Unsicherheit mit sich brachte. Schließlich wurde sogar die Idee der anatomischen Uniformität, welche beide Tendenzen zunächst begünstigt hatte, in Zweifel gezogen.

3.3.4 Zusammenfassung

Auch der Umgang mit Organen von Lebewesen hatte sich also im Kontext von mikroskopischen Beobachtungen mit zunehmender Dauer der Untersuchungen stark verändert: Erste kurze Beobachtungen hatten die Organe in erster Linie als Teile des Körpers begriffen, anhand deren Präsenz die Gleichförmigkeit der Anatomie verschiedener Lebewesen gezeigt werden konnte. Spätere Forscher begriffen sie hingegen als Einzelobjekte, deren Struktur untersucht werden sollte, um ihre Funktionsweise besser zu verstehen. Dabei wurde die anatomische Uniformität vom Aufbau des ganzen Körpers auf die Mikrostrukturen verlagert und betraf nicht mehr nur einander entsprechende, sondern auch verschiedene Organe. Mit diesem Perspektivwechsel ging allerdings auch eine Veränderung in der Wahl der Objekte einher: Statt Insekten wurden nun vor allem die Organe größerer Tiere untersucht. Zudem zeichnete sich mehr und mehr die Tendenz ab, die Strukturen als Anordnungen von Grundelementen zu verstehen. Nach und nach ergaben sich aus dieser neuen Perspektive aber auch Probleme: Die Übereinstimmungen von Strukturen erschienen mitunter fraglich beziehungsweise ließen sie sich nicht nachweisen. Dies führte schließlich zu einer Abnahme von Analogieschlüssen und zu Einschränkungen des Konzepts der anatomischen Gleichförmigkeit sowie zu zunehmender Zurückhaltung in Bezug auf die Funktionen der Organe.

3.4 Animalcula: Ursprung und Funktionen

3.4.1 *Generatio spontanea und Contagium vivum*

Die Beobachtungen mikroskopischer Lebewesen unterschieden sich insofern von den bisher thematisierten Untersuchungen, dass diese Animalcula in der Regel im Zusammenhang mit Studien an anderen Objekten überhaupt erst entdeckt wurden. Dementsprechend stand wie bei einigen Insekten-Beobachtungen zunächst die Beziehung zwischen den Animalcula und dem jeweiligen Stoff, in dem sie zu finden waren, im Zentrum der Untersuchungen. Hierbei dominierte zuerst wiederum die Ansicht, dass diese Lebewesen das Ergebnis einer spontanen

smeden.“ — „If it were possible for us to see the course and the circulation of blood in those vessels and moreover to see how the vessels took over the substance from the Chyle, how astonished we should be about these operations, whereas now we have to content ourselves with making mental imagination of it“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 12.96–97).

Zeugung waren, während sich bei einem Auftreten innerhalb größerer Organismen die Frage stellte, ob es sich bei ihnen um lebendige Krankheitserreger handeln könnte. In späteren Beobachtungen wurde dann die Beziehung zwischen den Animalcula und ihrer jeweiligen Umgebung konkret untersucht, indem direkt in letztere eingegriffen wurde. Dadurch emanzipierten sich die Animalcula einerseits zu eigenständigen Objekten, andererseits stellte sich nun die Frage, inwiefern sie größeren Lebewesen entsprachen und mit ihnen in Interaktion standen.

Dass in Essig zuweilen Würmer an der Grenze der natürlichen Sichtbarkeit zu beobachten wären, war bereits seit der Antike bekannt und wurde mit Rückgriff auf Aristoteles und Plinius noch Anfang des 17. Jahrhunderts unverändert als ein Fall von vielen verstanden, in denen Lebewesen als spontane Zeugung aus einem Stoff hervorgingen, in dessen unmittelbarer Nähe sie gefunden wurden.¹⁴⁹ Bereits vor der Verwendung des Mikroskops bestanden also über das Konzept der *Generatio spontanea* verschiedene Verbindungen zwischen gewissen Objekten: Einerseits schienen die Animalcula insofern vom Essig abzuhängen, als dieser sie erzeugte, andererseits glich der Essig anderen Stoffen darin, dass er über das Potential zu verfügen schien, Lebensformen hervorzubringen.

Beide Verbindungen wurden im Rahmen der mikroskopischen Beobachtungen von Athanasius Kircher leicht verändert: Anhand von Essig, Milch und den Würmern, die sich in ihnen finden ließen, wurde weiterhin ein enger Bezug zwischen bestimmten Stoffen und scheinbar spontan entstehenden Animalcula hergestellt. Allerdings nutzte Kircher den Verweis auf das Mikroskop als modernen, technisierten Beobachtungsrahmen dazu, um diesen im Grunde genommen bekannten Sachverhalt als eine Neuheit zu präsentieren.¹⁵⁰ Damit wurde zugleich auch das Vermögen der Stoffe zu derartigen Zeugungen zu einer Eigenschaft gemacht, die erst im Zuge der Beobachtungen festgestellt werden konnte, da sie sich auf einer Ebene manifestierte, die mit dem bloßen Auge nicht zu erfassen war. Das gleiche galt hinsichtlich der Verbindung verschiedener Stoffe durch diese Gemeinsamkeit: In Kirchers *Ars magna lucis* (1646) finden sich zunächst willkürlich erscheinende Paarungen verschiedener Objekte wie Essig und Milch sowie Pflanzen und Blut, denen jedoch verallgemeinernd die Aussage folgt, Würmer würden generell in verwesenden Stoffen entstehen.¹⁵¹

In seinem *Scrutinium pestis* (1658) griff Kircher diese Gedanken auf und erklärte die Zeugung derartiger Lebewesen zur Ursache für sämtliche Krankheiten. Allerdings wurde zugunsten dieses *Contagium vivum* die Idee einer spontanen Zeugung der Animalcula relativiert: Zwar stellte die Fäulnis von Stoffen weiterhin eine wichtige *Bedingung* für die Entstehung dieser Tiere dar, ihr eigentlicher Ursprung bestand jedoch in mikroskopischen Samen, die mit der Nahrung aufgenommen wurden. Die Verbindung zwischen den Animalcula und bestimmten Stoffen wurde in diesem Zusammenhang also deutlich geschwächt, was auch daran zu sehen ist, dass die Kausalitäten hier zu einem großen Teil in umgekehrter Form verstanden wurden: Nicht nur Veränderungen in der Materie konnten zur Zeugung von mikroskopischen Lebewesen führen, auch deren Anwesenheit führte dazu, dass die Stoffe in ihrer Umgebung verfielen.¹⁵²

¹⁴⁹Siehe z.B. noch die Ausführungen bei Aldrovandi (1602, 701).

¹⁵⁰„Quis credere posset acetu[m], & lac innumerabili multitudine vermiu[m] scateri, nisi id smicroscopia ars hisce ultimis temporibus summa omnium admiratione docuisset?“ (Kircher 1646, 834).

¹⁵¹Kircher (1646, 834).

¹⁵²Kircher (1658, 39, 42, 45, 50–51 141–142). Zur Idee des *Contagium vivum* siehe Wilson (1995, 140–175, bes. 148–153). Eine ähnliche Umkehrung der Verhältnisse in einer vermeintlichen spontanen Zeugung führte später auch Swammerdam durch, s.o. S. 91.

Kirchers Ansichten in ihrer ersten Form bildeten auch in diesem Fall die Basis für die Beobachtungen von Pierre Borel, der den Zusammenhang zwischen *Animalcula* und bestimmten Stoffen betonte: Auch wenn seine *Observationum microscopiarum centuria* (1656) sonst nur in seltenen Fällen einer erkennbaren Ordnung folgte, sind die Textabschnitte über Essig, Milch und Blut zu einer Reihe von Beobachtungen zusammengestellt, wodurch die gemeinsame Fähigkeit dieser drei Objekte, Würmer erzeugen zu können, hervorgehoben wurde. Zwei weitere Beobachtungen, nämlich von Schweinefleisch und Mastix-Blättern, die ebenfalls von Kircher übernommen worden waren, folgten zwar ein wenig später wiederum im Zusammenhang zueinander, lediglich eine Bemerkung zu Würmern in faulenden Früchten stand etwas abseits.¹⁵³

Neben der spontanen Zeugung interessierte sich Borel auch für die mögliche Rolle von *Animalcula* bei der Entstehung von Krankheiten. In den meisten Fällen wurde auch hier ein direkter Zusammenhang zwischen ihrer Anwesenheit und bestimmten Krankheiten hergestellt: In einer Serie von drei Abschnitten über Hautkrankheiten wurden spontan erzeugte Würmer als deren Ursache ausgemacht und diese in einem Fall sogar mit dem Wurmbefall von Früchten verglichen. Und auch die *Animalcula*, die in der menschlichen Samenflüssigkeit gefunden wurden, interpretierte Borel als Verursacher der Gonorrhoe, unter welcher der Patient litt.¹⁵⁴ Hinsichtlich der *Animalcula* im Blut brachte Borel allerdings zwei verschiedene Ansichten vor: Zum einen erwähnte er Kirchers Interpretation, dass die *Animalcula* im Zusammenhang mit dem Auftreten von Krankheiten stünden, zum anderen erläuterte er aber auch, dass sie seinen eigenen Überlegungen zufolge ein regulärer Teil des Blutes wären und zum Funktionieren des Körpers beitragen.¹⁵⁵ Auch in diesem Fall wurde jedoch weiterhin die Bindung der *Animalcula* an andere Objekte betont.

Auffällig ist, dass Borel in seinen zahlreichen Beobachtungen kaum versuchte, die *Animalcula* detaillierter zu beschreiben, wie er es etwa mit den zuvor unbekanntem Insekten getan hatte: Lediglich die Würmer in der Samenflüssigkeit wurden mit der Form von Schnecken verglichen, während die *Animalcula* in der Nase Ähnlichkeiten mit Eidechsen und Spinnen haben sollten.¹⁵⁶ Im Gegensatz zu anderen Autoren vermied er es ferner, die mikroskopischen Würmer als Insekten zu bezeichnen.¹⁵⁷ Somit wurden die *Animalcula* einerseits untereinander nur dadurch in Bezug gesetzt, dass sie Ergebnis der gleichen Prozesse waren, wenn auch in unterschiedlichen Stoffen. Andererseits bestand ihre einzige Verbindung zu größeren Lebewesen darin, dass sie zu deren Gesundheit oder Krankheit beitragen.

¹⁵³Borel (1656a, *Centuria*, I–III, XIV–XV, XXXIX).

¹⁵⁴„In Variolis etiam & Syronibus vermiculi latent, ut in cerasis, & fragis veteribus“ Borel (1656a, *Centuria* XXXI; s.a. XXX, XXXII). – „In Gonorrhoea virulentia militis, seu in balano ejus, amicus meus, observavit Insectulum limaciformem, sed ferè invisibilem [...]“ (ebd. LIII).

¹⁵⁵Der entsprechende Kommentar befindet sich jedoch nicht in der Beobachtung zum Blut, sondern im Abschnitt über Essig (Borel 1656a, *Centuria*, I, III). Auch in seinen medizinischen Beobachtungen, auf die er an dieser Stelle verwies, erwähnte Borel die *Animalcula*: „Ceti, seu baleni morpha animalia in sanguine humano tanquam in rubro Oceano natant [...] Existimandum est haec insecta (pedibus enim carent) ad usum corporis animalium perfectorum creata fuisse, utpote ad pravum sanguinem hauriendum vel, &c.“ (Borel 1656b, Cent. III, Obs. IV). Die Verwendung eines Mikroskops wird in diesem Text jedoch nicht erwähnt.

¹⁵⁶Borel (1656a, *Centuria*, XXX, LIII). Das Fehlen entsprechender Bezüge fällt besonders dann auf, wenn *Animalcula*- und Insektenbeobachtungen aufeinander folgen (ebd. XXXVIII–XXXIX), sowie im Falle eines Insektes, das laut Borel aus einem Feigenblatt entstehe (ebd. LXVIII).

¹⁵⁷Dies trifft interessanterweise auch auf die Beschreibung von Käsemilben zu, die ausgehend von der Annahme ihrer spontanen Zeugung und des Fehlens einer Benennung scheinbar eher zu den *Animalcula* gezählt, aber hinsichtlich ihres Äußeren auch mit Stachelschweinen verglichen wurden (Borel 1656a, *Centuria*, XXVII).

Sowohl Kircher als auch Borel hatten also mikroskopische Lebewesen in ihren Beobachtungen als Objekte charakterisiert, die nur im Zusammenhang mit anderen Objekten und den Prozessen, die an diesen stattfinden, von Relevanz waren. Zum einen hing die Existenz der *Animalcula* fast ausschließlich von Verfallsprozessen ab, zum anderen bezogen sich alle weiterführenden Aussagen über sie auf die Wirkungen, die sie in Bezug auf andere Körper hatten. Dementsprechend war auch darauf verzichtet worden, sie detailliert zu beschreiben.

3.4.2 Emanzipation zu eigenständigen Lebewesen

Kirchers Beobachtungen des Blutes konnten von Hooke nicht bestätigt werden, und die Frage nach der Rolle mikroskopischer Lebensformen bei Krankheiten spielte keine Rolle mehr für seine Beobachtungen und die Powers.¹⁵⁸ Stattdessen konzentrierten sich beide darauf, die vermeintlich spontane Zeugung von Essigaalen zu hinterfragen. Beide sahen sich in diesem Zusammenhang dazu verleitet, zunächst die Unterschiede zu anderen Lebewesen hervorzuheben: Power stellte seine diesbezüglichen Bemerkungen zwischen seine Untersuchungen von Insekten und größeren Lebewesen, zog jedoch weder zur einen, noch zur anderen Seite eine Verbindung.¹⁵⁹ Zudem machten seine Ausführungen deutlich, dass sich die Bedingungen, unter denen diese Tiere lebten grundsätzlich von denen anderer Lebewesen unterschieden, und der enge Zusammenhang zwischen den Essigaalen und der sie umgebenden Flüssigkeit selbst der Untersuchung bedurfte. Hierzu veränderte er versuchsweise diese Umgebung, indem er den Essig erhitzte, einfror oder andere Stoffe hinzu mischte. Letztlich wurde als Ergebnis der Beobachtungen ausgeschlossen, dass es einen Zusammenhang zwischen der Fäulnis eines Essigs und der Entstehung von Tieren in ihm gäbe.¹⁶⁰

Hooke verstand seine eigenen Bemerkungen zumindest in diesem Fall als bloße Ergänzungen zu denen Powers.¹⁶¹ Auch er grenzte die Essigaale insofern von anderen Lebewesen ab, dass er sie als letzte mikroskopische Beobachtung seiner *Micrographia* abseits der Insekten stellte, die er zuvor beschrieben hatte. Zugleich wurden sie an anderer Stelle aber auch als Teil einer Gruppe von Lebensformen erwähnt, die jeweils als mikroskopische Varianten größerer Pflanzen und Tiere verstanden werden könnten und existierten, weil die Natur neugierig in verschiedene Richtungen wirke.¹⁶² Auch wenn sie somit stärker als bei den anderen

¹⁵⁸Hooke (1665, 123). Die Frage der *Animalcula* im Blut hatte die Royal Society allerdings schon spätestens seit Juli 1663 beschäftigt und tauchte in ihren Sitzungen noch bis 1677 immer wieder sporadisch auf (Birch 1756–1757, 1.279, 449; 3.383–384).

¹⁵⁹Power (1664, 32–36).

¹⁶⁰„They are not to be found in all sorts of Vineger or Aleger, but onely in such, probably, as has arrived to some peculiar temper or putrefaction, of which I can give you no Characteristical Signs; for I have found them in all sorts of Vineger [...] and in all these sorts, you shall sometimes find none at all; and I have both found them, and also vainly sought them, in the former Liquors, at al[l] seasons and times of the year also“ (Power 1664, 32–33). Infolge der verschiedenen künstlich herbeigeführten Veränderungen im Essig starben die Aale entweder oder veränderten ihre Position im Glas (ebd. 34–35). Ferner nannte Power die mit dem bloßen Auge kaum zu registrierende Bewegung der kleinen Würmer als Beispiel für die innere Bewegung von Materie in der cartesianischen Naturphilosophie (ebd. 36).

¹⁶¹„I shall add no other observations made on this minute Animal, being prevented herein by many excellent ones already publish'd by the ingenious, Doctor Power, among his *Microscopical* Observations [...]“ (Hooke 1665, 217). Zur Einschätzung von Powers Beobachtungen in anderen Fällen s.o. S. 28, Fn.

¹⁶²„For by it we have a very good instance of the curiosity of Nature in another kind of Animals which are remov'd, by reason of their minuteness, beyond the reach of our eyes, so that as there are several sorts of Insects, as Mites, and others, so small as not yet to have had any names; (some of which I shall afterwards describe) and small Fishes, as Leeches in Vineger; and small vegetables, as Moss, and Rose-Leave-plants; and small Mushrooms, as mould: so

Forschern als eigenständige Lebewesen präsentiert wurden, war für Hooke weiterhin vor allem ihr Verhältnis zum Essig von Interesse. Bei seinen Beobachtungen in dieser Richtung bemerkte er, dass ein luftdichter Abschluss des Gefäßes den Tod der Tiere zur Folge hatte und demzufolge nicht allein der Stoff des Essigs die Existenz dieser *Animalcula* bedingte.¹⁶³

Sowohl Hooke als auch Power entfernten darüber hinaus die Essigaale aus ihrer natürlichen Umgebung und versetzten sie zwecks besserer Beobachtungsbedingungen in ein künstliches Umfeld aus Glasplatten und Luft. Power beschrieb in diesem Zusammenhang vor allem die Auswirkungen dieser veränderten Umgebung, deren letzte Konsequenz wiederum der Tod der *Animalcula* war.¹⁶⁴ Hooke abstrahierte dagegen von den Beobachtungsbedingungen und bemühte sich, die anatomischen Details zu beschreiben, die für ihn nun erst erkennbar wurden. Diesen Beobachtungen zufolge schien es sich bei diesen *Animalcula* einerseits klar um vollwertige Lebewesen zu handeln, andererseits aber blieb die Frage bestehen, mit welcher größeren Tierart diese Würmer am ehesten zu vergleichen wären.¹⁶⁵

Die Verbindung zwischen Essigaalen und Essig war also im Zuge der Beobachtungen von Power und Hooke hinterfragt und relativiert worden. Anders als bei Kircher und Borel wurden die *Animalcula* nun nicht mehr nur hinsichtlich ihrer Beziehung zu anderen Objekten charakterisiert, sondern als vollwertige Lebewesen detailliert beschrieben. Die dadurch aufkommende Frage, inwiefern diese Tiere größeren Lebewesen entsprächen, wurde jedoch von Power und Hooke nicht wirklich beantwortet: Beide betonten vor allem die Unterschiede und trennten ihre entsprechenden Beobachtungen eher von denen anderer Tiere.

3.4.3 Eigenständigkeit und Abhängigkeit

Interessanterweise scheint sich Leeuwenhoek im Gegensatz zu seinen Vorgängern für die Essigaale kaum interessiert zu haben. Denn obwohl aus späteren Bemerkungen ersichtlich ist, dass er mit diesen Tieren schon länger vertraut war, wandte er sich Beobachtungen an derartigen *Animalcula* erst aus besonderen Anlässen zu: Im Sommer 1674 untersuchte er die jährliche Verfärbung eines nahegelegenen Sees und stieß dabei im Wasser auf Lebewesen, die erst mit dem Mikroskop zu erkennen waren. Diese Beobachtungen fielen jedoch vergleichsweise kurz aus, und eine genauere Beschäftigung mit diesen Lebewesen blieb zunächst aus, weil in diesem wie in anderen Fällen, die bald folgten, andere Objekte im Vordergrund der Beobachtungen standen.¹⁶⁶

are there, it seems, small Shell-fish likewise, Nature shewing her curiosity in every Tribe of *Animals*, *Vegetables*, and *Minerals*“ (Hooke 1665, 80). Für die eigentlichen Beobachtungen siehe ebd. (216–217).

¹⁶³Hooke (1665, 217). Ähnlich wie bei Power findet sich auch hier ein zusätzliches naturphilosophisches Moment, nämlich Überlegungen hinsichtlich der Geschwindigkeit von Bewegungen im Zusammenhang mit der Dichte des Mediums; eine Überleitung zum folgenden Abschnitt über optische Phänomene in der Atmosphäre (ebd. 217).

¹⁶⁴„That as the Liquor (dropt upon your object-plate) spends and dries up, so you shall see those little Quicks to draw nearer and nearer together, and grow feebler in their motion; and when all the Vineger or Alegger is dried away, then they lie all dead, twisted and complicated all together, like a knot of Eels, and aff[t]er a little time dry quite away to nothing“ (Power 1664, 34).

¹⁶⁵„Taking several of these out of their Pond of Vinegar, by the net of a small piece of filtering Paper, and laying them on a black smooth Glass plate, I found that they could wriggle and winde their body, as much as almost a Snake, which made me doubt whether they were a kind of Eel or Leech“ (Hooke 1665, 217).

¹⁶⁶Nach einleitenden Bemerkungen zum Berkelse Meere schrieb Leeuwenhoek im September 1674 an Oldenburg: „[...] ende nue laest inde voornoemde meer varende [...] nam ick in en glase flesje, een weijnich water mede, dit des anderen daeghs observerende, bevonde ick daer in te drijven, verscheijde aertsche deeltgens, ende eenige groene ranckjens [...] ende daer benefens, seer veel kleijne diertgens, daer van eenige waren rontachtich, die een weijnich grooter waren, bestonden uijt een eijront; aen dese laeste heb ick twee beentgens gesien, ontrent het hooft, ende aen

Als Leeuwenhoek dann doch damit begann, sich detaillierter mit den *Animalcula* zu befassen, fiel dies bemerkenswerterweise mit Beobachtungen zusammen, deren Fragestellungen von vorneherein auch einen Eingriff in die materiellen Zusammenhänge der Objekte mit sich brachte: Für eine Untersuchung von Regenwasser auf möglicherweise darin enthaltene Luft verwendete Leeuwenhoek eine Luftpumpe und versuchte dann mit einem Mikroskop zu sehen, ob kleinste Luftblasen aus dem Wasser extrahiert wurden. Als er in diesem Zusammenhang wieder *Animalcula* entdeckte, beließ Leeuwenhoek es nicht mehr bei einem kurzen Bericht, sondern führte im Anschluss ausführliche Beobachtungen durch, die auch Wasser aus Flüssen, Brunnen und dem Meer umfassten.¹⁶⁷ Erneut stellte sich dabei die Frage nach dem Zusammenhang zwischen den Lebewesen und den Flüssigkeiten, in denen sie zu beobachten waren, umso mehr da es sich hierbei um Stoffe handelte, die anders als etwa Essig, keiner erkennbaren Veränderung unterlagen. Da die *Animalcula* in den meisten Fällen aber erst nach kurzen Zeiträumen und trotz aller Vorkehrungen erkennbar wurden, schienen Leeuwenhoeks Beobachtungen zunächst darauf hinzuweisen, dass diese Tiere spontan erzeugt würden. Er vermied allerdings, dies direkt anzusprechen.¹⁶⁸

In einem anderen Fall war die Vermischung von Wasser mit anderen Stoffen der Ausgangspunkt der Beobachtungen: Bei seinen Untersuchungen von Gewürzen, die zu diesem

het achterste van het lichaem, twee vinnetgens, andere waren wat langer als een eijront, en dese waren seer traegh int bewegen, en weijnich in getal; dese voor verhaelde diertgens bestonden uijt verscheijde couleuren, als eenige witachich ende doorschijnende andere uijt groene seer glinsterende schibbetgens, andere weder int midden groen, en voor en achter wit, andere uijt asgraeuw; ende de bewegingh van meest dese diertgens, was soo snel int water, ende met soo veel verscheijde bewegingen, soo om hoogh, als na om laegh, ende inde ronte, dat het verwonderens waerdich was om sien, en ick oordele dat eenige van dese diertgens, meer als duijsent mael kleijnder waren, als de kleijenste diertgens, dat ick tot noch toe, op de korst van de kaes int tarwen meel, in Schimmel, ende etc. heb gesien.“ — „Passing lately over this Sea [...] I took some [water] in a Glass-vessel which having view'd the next day, I found moving in it several Earthy particles, and some green streaks [...] among all which there crawled abundance of little animals, some of which were roundish; those that were somewhat bigger than others, were of an Oval figure: On the latter I saw two leggs near the head, and two little fins on the other end of their body: Others were somewhat larger than an Oval, and these were very slow in their motion, and few in number. These *animalcula* had divers colours, some being whitish, other pellucid; others had green and very shining little scales: others again were green in the middle, and before and being white, others grayish. And the motion of most of them in the water was so swift, and so various, upwards, downwards, and round about, that I confess I could not but wonder at it. I judge, that some of these little creatures were above a thousand times smaller than the smallest ones, which I have hitherto seen in the rind of cheese, wheaten flowers, mould, and the like“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.162–165). Man beachte, dass im niederländischen Original unklar ist, ob es sich bei den „rundartigen“ und den „eirunden“ *Animalcula* um ein und dieselbe Art handelt, die englische Übersetzung, die vermutlich von Oldenburg angefertigt wurde, dies hingegen nahelegt (vgl. auch die alternative Übersetzung bei Dobell (1960, 110)). Für weitere dieser kurzen Mitteilungen über *Animalcula* siehe ebd. (1.330, 346; 2.14) und für die Kenntnis von Essigaalen ebd. (2.124).

¹⁶⁷Für weitere Beobachtungen von *Animalcula* in Wassern aus verschiedenen Quellen siehe Leeuwenhoek (1939–1999, 2.60–91, 402; 3.292, 374–377; 7.94–97; 8.320; 12.376–391; 13.4–7; 14.56–71, 136–145, 160–173, 176–179, 182–191, 263–265; 15.64–83).

¹⁶⁸Nachdem die ersten Beobachtungen im September 1675 an Regenwasser erfolgt waren, das einige Tage in einem Porzellengefäß gestanden hatte, trug Leeuwenhoek im folgenden Mai dafür Sorge, dass ein neues Glas einige Male vom Regen ausgespült wurde, der vom Dach lief, bevor er das in ihm aufgefangene Wasser untersuchte. Zusätzlich sammelte er eine gewisse Menge Regenwasser in einem gleichfalls ausgespülten, freistehenden Porzellengefäß (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.64, 72–75). Hinsichtlich seiner Untersuchung von Meerwasser im Juli 1676 merkte er an: „[...] jk heb aen seeker Persoon, die in zee ging om hem te wassen, een nieuw glase flesje, bij mij tot dien eijnde gecogt, mede gegeven, en versogt, dat hij in zee sijnde, het selvige twee a drie mael soude uijtspoelen, en dan het vlesje vol water doen, dit soo op mijn ordre volbragt sijnde, heb ik het met een schoon blaesje digt toegebonden [...]“ — „I gave to a man, that went into the Sea to wash himself, a new Glass-bottle, brought on purpose for that end, intreating him, that being on the Sea, he would first wash it well twice or thrice, and then fill it full of the Sea-water; which desire of mine having been complied with, I tyed the bottle close with a clean bladder [...]“ (ebd. 2.86–89).

Zweck eingeweicht wurden, entdeckte Leeuwenhoek wiederum eine Vielzahl von *Animalcula*, über die er im Oktober 1676 ausführlich berichtete. Da es sich bei diesen Lebewesen zumindest teilweise um Arten zu handeln schien, welche nicht in Leeuwenhoeks vorigen Beobachtungen aufgetaucht waren, stellte sich wiederum die Frage nach einem möglichen Zusammenhang zwischen den Gewürzen und der Entstehung dieser *Animalcula*.¹⁶⁹ Zumindest anfänglich scheint Leeuwenhoek eine spontane Zeugung nicht für vollkommen unmöglich gehalten zu haben, zumal die Anzahl der *Animalcula* zwar zunahm, aber keine Veränderungen in der Größe erkennbar waren, wie er sie von größeren Lebewesen kannte.¹⁷⁰ Nachdem er weitere Beobachtungen angestellt hatte, meinte er jedoch, dies ausschließen zu können: Da es auch Teil der ursprünglichen Untersuchung gewesen war, die Wirkung von Essig auf den Geschmack von Pfeffer zu erforschen, lag es nach der Entdeckung von Lebewesen im Pfefferwasser nahe, die eventuellen Folgen einer derartigen Vermischung auch im Mikroskopischen zu untersuchen. Hierzu setzte Leeuwenhoek die verschiedenen Auswirkungen, die eine solche Vermischung auf Pfeffer-*Animalcula* und Essigaale hatte, zueinander in Bezug: Das Überleben der Pfeffer-*Animalcula* hing stärker von den Stoffen ab, die sie umgaben, als das der Essigaale, die eine weitaus größere Toleranz gegenüber Veränderungen in ihrer Umwelt aufwiesen. Tatsächlich lieferte ihre zunehmende Anzahl in einer Mischung, die schließlich nur noch zu einem Elftel aus Essig bestand, einen deutlichen Hinweis darauf, dass sie nicht spontan aus den Partikeln dieser Flüssigkeit erzeugt wurden, da deren Menge im Vergleich zu anderen Partikeln nun deutlich geringer ausfiel.¹⁷¹ Im Anschluss machte sich Leeuwenhoek daran, die Fortpflanzung der Essigaale nachzuweisen, indem er ihre Körper erfolgreich auf Spuren von Nachkommen untersuchte.¹⁷²

¹⁶⁹Den Ausgangspunkt der Beobachtungen waren hierbei die Untersuchung von Pfefferkörnern (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.90–125), die bereits mehrmals zuvor Gegenstand von Leeuwenhoeks Beobachtungen gewesen waren (ebd. 1.164, 264) und im späteren Verlauf des Briefes erneut detailliert beschrieben wurden (ebd. 2.128–131). Zudem wurden Lösungen mit Ingwer, Nelken und Nusschalen auf *Animalcula* untersucht (ebd. 2.134–137, 142–149, 150–155). Von diesen Gewürzen sollte jedoch in späteren Untersuchungen fast nur noch der Pfeffer eine größere Rolle spielen (ebd. 2.252–271, 318–321; 3.192, 260–267; 7.94–97). Zwar stellte Leeuwenhoek schon früh Übereinstimmungen verschiedener Flüssigkeiten hinsichtlich der in ihnen enthaltenen *Animalcula* fest (ebd. 2.94, 100, 152), weil ja auch in dem für die Lösungen verwendeten Wasser meist schon *Animalcula* zu erkennen waren (z.B. ebd. 2.110, 118, 148). Es gab aber auch Fälle, in denen ihm Lebewesen auffielen, die scheinbar nur in einer bestimmten Lösung auftraten bzw. nicht eindeutig mit bereits bekannten *Animalcula* identifiziert werden konnten (ebd. 2.110, 112, 134, 136).

¹⁷⁰„deselve diertgens in soo een groote menigte siende toenemen, en daer aen niet cunnende bespeuren, dat deselve in groote toenamen, nog dat ik eenige diertgelijke schepselen in het water had sien drijven, heb ik gedagten gehad, of deselvige niet wel in een moment des tijts (*om so te spreken*) en waren te samen gestelt, dog ik geef *dit* aen anderen over.“ — „Observing, that these creatures did augment into vast numbers, but not being able to see them increase in bigness, and neither having seen any such creatures in the water, I began to think whether they might not in a moment *as 'twere* be composed or put together: But *this speculation* I leave to others“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.100–101). Man beachte, dass diese recht freie Übersetzung (siehe meine Hervorhebungen) auf folgender Ansicht der Herausgeber beruht: „this investigator always rejected the doctrine of spontaneous generation. It is therefore inconceivable that L. would now have recourse to it“ (ebd.). Dahingegen scheint gerade aufgrund der Neuheit der Erfahrungen eine ähnliche Interpretation wie bei Dobell (1960, 136) naheliegend; nämlich dass Leeuwenhoek hier schlichtweg seine Ratlosigkeit über die Entstehung dieser *Animalcula* zum Ausdruck gebracht haben könnte.

¹⁷¹Leeuwenhoek (1939–1999, 2.90, 108, 124–127).

¹⁷²„dese menigvuldige aeltgens, in dit 10 deelen peperige water, en een deel asijn siende, heb ik mij selven vast gejmagineert, dat deselve niet voortgebragt waren, uijt eenige deeltgens die in het peperige water mogten sijn, nog ook schoon die inden asijn mogten sijn gewest, dat deselvige met het peperige water, als onbequaem soude sijn geworden, tot voortbrenginge van levende schepsels, maer mij vastelijk ingebeelt, dat de geseijde aeltgens, bij voor teeling, sodanig waren vermenigvuldigt, ik heb dan middelen gebrijkt om dese seer klejne diertgens te ontdekken [...]“ — „Seeing this multitude of little eels in the mixture of 10 parts pepper-water and 1 part vinegar, I imagined

Derartige Untersuchungen waren für kleinere Lebensformen nicht möglich und ihr Resultat wurde auch nicht explizit auf sie übertragen. Stattdessen erwähnte Leeuwenhoek in den letzten Beobachtungen dieses langen Briefes vom Oktober 1676, dass einerseits die in Nusschalenwasser enthaltenen *Animalcula* denen in Pfefferwasser entsprächen, und andererseits diejenigen, welche mit dem nachgegossenen Brunnenwasser in die Lösung hinzukamen, schnell verschwanden beziehungsweise starben. Somit war einerseits auch in diesem Fall zumindest eine Zeugung der *Animalcula* aus den jeweiligen Stoffen mehr oder weniger ausgeschlossen.¹⁷³ Andererseits wurde damit zugleich klar, dass derartige Tiere gewissermaßen überall vorhanden waren. Dementsprechend spielten die Essigaale im Gegensatz zu diesen *Animalcula* in späteren Beobachtungen kaum noch eine Rolle, obwohl sie wegen ihrer Größe deutlich besser für Untersuchungen geeignet waren. Sie waren zwar hinsichtlich der Fortpflanzung gewissermaßen als Stellvertreter der kleineren *Animalcula* untersucht worden und hatten so die Formulierung bestimmter Aussagen überhaupt erst ermöglicht, dennoch unterschieden sie sich in anderen Punkten so stark von letzteren, dass sie im Vergleich mit ihnen kein besonders interessantes Beobachtungsobjekt für Leeuwenhoek darstellten.¹⁷⁴

Die Frage nach der Anwesenheit von *Animalcula* in Körperflüssigkeiten und ihrer Rolle dort wurde in Leeuwenhoeks Korrespondenz erst erwähnt, nachdem er bereits einige der erwähnten Beobachtungen an anderen Flüssigkeiten durchgeführt hatte. In den ersten Untersuchungen an der menschlichen Samenflüssigkeit, die er nur mit Unbehagen durchgeführt und deswegen bald aufgegeben hatte, schien ihm diese so wie auch andere Körperflüssigkeiten in erster Linie aus Globuli zu bestehen. Durch die Begegnung mit Craanen und Ham, welche meinten, in der Flüssigkeit *Animalcula* sehen zu können, wurde er jedoch 1677 zu neuen Beobachtungen angeregt.¹⁷⁵ Während die Samenflüssigkeit in den vorigen Beobachtungen noch in erster Linie in Verbindung mit anderen Körperflüssigkeiten untersucht worden war, und dementsprechend die Partikel in ihr nicht als eigenständige Objekte, sondern lediglich als Bestandteile verstanden worden waren, wurde durch diese neue Interpretation eher eine Brücke zu seinen Beobachtungen an *Animalcula* geschlagen, die er im Sommer des Vorjahres im größeren Umfang durchgeführt hatte. Diese Beobachtungen hatten aber gezeigt, dass sich zwar in einer Vielzahl von Stoffen derartige Lebewesen befanden, zwischen beiden aber kein essentieller Zusammenhang bestand. Dementsprechend verstand Leeuwenhoek auch die Samen-*Animalcula* zunächst nicht als wichtigen Bestandteil der Samenflüssigkeit und war weit davon entfernt, ihnen eine Rolle im Zeugungsprozess zuzugestehen. Vielmehr vermutete er, dass die ebenfalls zu beobachtenden, festeren, fadenartigen Teile die

that surely they were not produced from any particles probably present in the peppery water nor yet from such as might have been in the vinegar, seeing that these, mixed with pepper-water, would have become unfit for the production of living creatures, but firmly believed that the said little eels had thus increased by procreation. I then employed means to discover these very little animalcules [...]" (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.126–127).

¹⁷³Siehe Leeuwenhoek (1939–1999, 2.150–152). Im Dezember 1678 schrieb Leeuwenhoek schließlich, dass alle *Animalcula* in Pfefferwasser auch in gewöhnlichem Wasser zu finden seien, wenn auch in geringerer Anzahl, und dass er den Pfeffer dementsprechend nur noch als Hilfsmittel für seine Beobachtungen ansah (ebd. 2.402).

¹⁷⁴Nach den erwähnten Beobachtungen werden sie in der Korrespondenz nur noch zweimal kurz erwähnt (Leeuwenhoek 1939–1999, 3.76; 5.10–13). Am deutlichsten wird der Kontrast zu anderen *Animalcula* sicherlich in den Beobachtungen von Rotifera, die über die erstaunliche Fähigkeit verfügten, nach mehreren Jahren in getrocknetem Zustand durch Zugabe von Wasser wiederbelebt zu werden (ebd. 7.95–97; 14.56–71; 15.64–83).

¹⁷⁵„Ik herinner mij, dat ik 3 à 4 jaar geleden, op verzoek van wijlen den Heer Oldenburg, mannelijk teelzaad heb onderzocht en dat ik toen de genoemde diertjens als globulen heb beschouwd [...]" — „I remember that some three or four years ago I examined seminal fluid at the request of the late Mr. Oldenburg and that I then considered those animalcules to be globules [...]" (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.290–291). S. o. S. 62–64.

Gefäße des zukünftigen Körpers und damit das entscheidende Moment der Fortpflanzung darstellten.¹⁷⁶

Dass Leeuwenhoek diese Ansicht erst 1683 widerrief und nach einigen Zweifeln und Spekulationen schließlich doch die Samen-Animalcula zu den Agenten der Fortpflanzung erklärte, war weniger das Ergebnis theoretischer Überlegungen¹⁷⁷ als der langwierigen Auseinandersetzung mit den Beziehungen verschiedener Objekte zueinander: So hatte Leeuwenhoek nach der Entdeckung der Samen-Animalcula auch andere Körperflüssigkeiten erneut untersucht und im Februar 1679 vermeldet, dass er im Gegensatz zu anderen Naturforschern weder in Blut noch in Speichel Lebewesen gefunden hätte. Damit war nun einerseits klar, dass nur in der Samenflüssigkeit Animalcula zu finden waren, andererseits traf dies aber auch für die Fäden beziehungsweise die zukünftigen Gefäße zu.¹⁷⁸ Dementsprechend sah Leeuwenhoek zunächst weiterhin diese Fäden als den zentralen Bestandteil der Samenflüssigkeit an. Angesichts ihres Fehlens im Samen von Dorsch vermutete er im März 1678 sogar, dass die entsprechenden Strukturen innerhalb der Globuli vorhanden sein müssten, die er beobachten konnte.¹⁷⁹ Als er allerdings seine Beobachtungen im Februar des Folgejahres wiederholte, erschienen ihm diese Globen mehr und mehr als Animalcula, was auch damit zusammenhängen dürfte, dass Leeuwenhoek sich im Dezember noch einmal ausführlich mit den Formen der Pfefferwasser-Animalcula beschäftigt hatte.¹⁸⁰ Im April untersuchte er zusätzlich auch die Samenflüssigkeiten von weiteren Tieren, die er zum Teil mittels Sektionen

¹⁷⁶ „Jam quod ad partes ipsas, ex quibus crassam seminis materiam, quoad majorem sui partem consistere saepius cum admiratione observavi, ea sunt tam varia ac multa omnis generis magna ac parva vasa, ut nullus dubitem ea esse nervos, arterias et venas: imo tanta multitudine haec vasa vidi, ut credam me in unica seminis gutta plura observasse, quam Anatomico per integrum diem subjectum aliquod secanti, occurrunt. Quibus visis firmiter credebam nullo in corpore humano, jam formato, esse vasa quae in semine virili, bene constituto, non reperiantur“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.292–294; s.a. 2.366, 336–341). Der niederländische Originaltext dieses Teils des Briefes ist nicht erhalten, in späteren Fassungen wurde der ganze Abschnitt gekürzt, da Leeuwenhoek ihn nun als Irrtum einstufte und auch explizit widerrief (s.u.). Die hier zitierte lateinische Fassung erschien in den *Philosophical Transactions* (12.1678, Nr. 142, 1040–1043) und bildete die Grundlage für alle anderen zeitgenössischen Übersetzungen.

¹⁷⁷ Für eine eher theoriegeschichtliche Interpretation dieses Wandels siehe Lindeboom (1982, 138–139) und Ruestow (1996, 250–259).

¹⁷⁸ Diese Beobachtungen bezogen sich vermutlich indirekt auf Kircher, da Rom als Ort von entsprechenden Beobachtungen angegeben wurde (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.412). Möglicherweise war Leeuwenhoek von der Royal Society auf diese hingewiesen worden, in deren Sitzungen zuweilen noch über sie gesprochen wurde (s.o. S. 107, Fn.). Zu den „Gefäßen“ im Samen schrieb er in diesem Zusammenhang: „[...] wanneer mij de eerste mael de verhaelde vaaten int saet, te vooren quamen, heb ik aenstonts Fluijmen, Quijl, en Speecksel, geobserveert, omme te sien, off ick daer in diergel. conde sien, Maer neen, daer is het minste (daer na gelijckende) mij te vooren gecomen.“ — „[...] when I first saw these vessels in the semen, I at once examined phlegms, slaver and saliva, in order to discover if these contained anything similar. But I failed to see anything like them“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.338–339).

¹⁷⁹ Leeuwenhoek (1939–1999, 2.340).

¹⁸⁰ Christiaan Huygens hatte Darstellungen der Animalcula angefertigt, die er selbst in Pfefferwasser beobachtet hatte, diese wurden von Leeuwenhoek (1939–1999, 2.398–403) im Dezember 1678 kommentiert. Bezüglich der Globen im Dorschamen schrieb er dann: „hier over was ick, als met verwonderingh verset, en stelde bij mij vast dat het levendige dieren waren [...] als wanneer ick weder door gaens twijffelde, en in gedachten nam, off dese beweginge, door de weghwasemde vochticheijt mochte veroorsaect werden, en heb dan te meer mael, onvermoeijlick de gedaente van dese deeltgens trachten te bekennen, en heb eijntelijck mijn selven seer naeckst voor de oogen gestelt, dat het selvige dierkens waren, versien met een langer en dunder staert, als de dierkens in het Mannelijck saet van Menschen, Honden, Conijnen etc. [...]“ — „I was amazed at this and concluded that they were living animals [...] then I doubted again and again, and wondered whether this movement might be occasioned by the evaporating moisture. And indefatigably I tried several times to distinguish the form of these particles and at last found very distinctly that they were the same animalcules as those in the male sperm of human beings, dogs, rabbits, etc. [...]“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.420–421).

direkt aus ihren Hoden entnahm. Hierbei waren erneut keine Fäden zu finden, während die *Animalcula* wiederum in großer Menge erschienen. Leeuwenhoek zögerte jedoch, mehr als nur die prinzipielle Möglichkeit einzuräumen, dass diese *Animalcula* mit dem Fortpflanzungsprozess verbunden waren.¹⁸¹ Die Ursache hierfür wird aus seinen Berichten über weitere Beobachtungen an den Hoden verschiedener Tiere ersichtlich, die er im Juni desselben Jahres erläuterte: Da die Samen-*Animalcula* selbst als eigenständige Lebensformen erschienen, wie etwa die kleinen Tiere in Pfefferwasser, war es nur schwer vorstellbar, wie sie an der Vermehrung der Lebewesen teilhaben könnten, in deren Körper sie zu finden waren, zumal ihre große Anzahl nahelegte, dass sie sich untereinander auch selbst fortpflanzten.¹⁸²

Dennoch erklärte Leeuwenhoek im Januar 1683 schließlich die Samen-*Animalcula* zum zentralen Moment der Fortpflanzung. Den Ausgangspunkt hierfür bildeten jedoch nicht neue Untersuchungen des Spermas, sondern die Beobachtungen an Pflanzensamen, die er im Frühjahr 1679 zusätzlich wieder aufgenommen hatte. Der bisher zugrunde gelegte Vergleich mit anderen *Animalcula* wurde also ersetzt durch Analogien: Die verschwindend geringe Größe der Samen-*Animalcula* beziehungsweise das Fehlen einer Ähnlichkeit mit den später geborenen Lebewesen sowie ihre große Anzahl hatten aus Leeuwenhoeks Sicht allesamt eine Entsprechung bei den Samen von Pflanzen.¹⁸³ Und selbst das Paradoxon, dass die Samen-*Animalcula* an der Zeugung anderer Lebewesen teilhatten, sich zugleich aber auch selbst fortzupflanzen schienen, wurde zwei Jahre später ebenfalls durch eine Analogie gelöst, die ihren Ursprung in ausführlichen Beobachtungen zur Metamorphose von Flöhen und Fröschen hatte: So wie sich innerhalb dieser Verwandlungsprozesse ein und dasselbe Lebewesen in verschiedenen Formen zeigte, könnten auch die Samen-*Animalcula* als eine Form verstanden werden, welche dem voll entwickelten Lebewesen vorgelagert war. In gewisser Weise schlug Leeuwenhoek damit vor, die Metamorphose zum universellen Modell der Fortpflanzung zu machen.¹⁸⁴ Und als Untersuchungen von Blattläusen 1699 zeigten, dass sich

¹⁸¹ Leeuwenhoek (1939–1999, 3.6–21).

¹⁸² „Maer waer sullen wij seggen, dat het saet van daen comt waer uijt de dieren voortcomen, die inde mannelijcke testicullen van dieren, vogelen, (en na alle aparentie van menschen) en inde hommen van visschen sijn. en dit is oock det eenichste waer in ick mij niet en kan voldoen, want soo wij stellen, datse van ons geboorte aen in onse lichamen sijn geweest, off selfs wel vande voortteligh, soo soudens mijns oordeels de saden geen 16. off meer jaren in ons lichaem connen blijven, sonder leven voort te brengen, want ick beelt mij vastelijck in, dat wanneer als^f dieren inde testicullen sijn, die leven hebben ontfangen, datter dan een lust comt tot de versamelingh [...]“ — „But whence shall we say that the seed springs from which the animals originate which are present in the testicules of beasts, birds (and apparently of human beings) and in the milt of fish. And this indeed, is the only point that I cannot satisfactorily solve. For if we assume that they have been in our bodies from our birth or even the moment of procreation, the seeds, in my opinion, could not remain in our bodies sixteen years or more, without producing life, for I certainly believe that, when there are in the testicles animalcules that have received life, there must be a desire for coition [...]“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 3.78–81). Noch im April 1680 spekulierte Leeuwenhoek, dass die Samen-*Animalcula* im Gegensatz zu den *Essigaalen* wahrscheinlich aus Eiern schlüpfen (ebd. 3.205).

¹⁸³ Leeuwenhoeks Brief zu Pflanzensamen vom Mai 1679 liegt zeitlich nahe an den genannten Untersuchungen von Samenflüssigkeiten, ist aber leider nicht erhalten (Leeuwenhoek 1939–1999, 3.42–43). Dass Leeuwenhoek sich gerade zu diesem Zeitpunkt wieder mit Pflanzensamen beschäftigt hat, nachdem seine letzten bekannten Beobachtungen hierzu auf Mai 1677 (ebd. 2.226) datiert sind, legt einen engeren Zusammenhang nahe. Zu den späteren Analogien zwischen beiden Bereichen siehe ebd. (4.14–19; 5.236–239, 246–255; 7.386–389; 14.240–243).

¹⁸⁴ Zwar konnte Leeuwenhoek schon im November 1680 auch in den Samenflüssigkeiten von Insekten *Animalcula* nachweisen, er ging hier aber noch nicht soweit, von einer Zeugung aus letzteren zu sprechen, sondern nutzte diese Gemeinsamkeit mit größeren Lebewesen lediglich, um gegen die Annahme einer spontanen Zeugung der Insekten zu argumentieren (Leeuwenhoek 1939–1999, 3.328). Die besagte Analogie wurde dann 1685 unter explizitem Verweis auf die Beobachtungen von Flöhen und Fröschen in den Vorjahren formuliert (ebd. 4.24–27, 56–65; 5.172–181).

diese zuweilen ohne Kopulation und Metamorphose fortpflanzen konnten, sah Leeuwenhoek darin schließlich die Lösung für das Problem, dass sich die Anzahl der Samen-Animalcula nie zu erschöpfen schien: Diese könnten sich in den Hoden ebenfalls durch Parthenogenese vermehren.¹⁸⁵

Allerdings blieben in anderen Bereichen eine Menge Unstimmigkeiten und offene Fragen hinsichtlich der Animalcula bestehen: Auch wenn Leeuwenhoek während der Beobachtungen seiner eigenen Körperflüssigkeiten keine Animalcula gefunden hatte, so tauchten doch während anderer Untersuchungen immer wieder Animalcula in den Organen, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen verschiedener Lebewesen auf, deren Anwesenheit in den meisten Fällen ohne Erklärung blieb.¹⁸⁶ In einigen Fällen war sogar unklar, ob diese Animalcula das jeweilige Lebewesen als Parasiten befallen hatten, oder ob sie nicht doch ursprünglich aus seinem Samen stammten. Erst 1695 entwickelte Leeuwenhoek ausgehend von Beobachtungen an Muscheln, in denen derartige Unklarheiten ihm zu schaffen machten, die Ansicht, dass die in Gewässern zu findenden Animalcula den größeren Lebewesen dort als Nahrung dienen.¹⁸⁷ Diese mikroskopischen Tiere wurden also als Teil eines Komplexes von Lebensformen verstanden, wie ihn Leeuwenhoek auch bei einigen Insekten vorgefunden hatte. In vielen anderen Fällen blieb die Frage nach der Beziehung zwischen den Animalcula und anderen Lebewesen hingegen unbeantwortet.

Leeuwenhoeks Vorgehen glich also insofern dem seiner Vorgänger, als er sich zunächst ebenfalls bemühte, vermeintliche Abhängigkeiten zwischen Animalcula und anderen Objekten im Sinne einer spontanen Zeugung aufzulösen. Allerdings entwickelte er hierfür einerseits ausgehend von seinen Beobachtungen zu anderen Themen spezielle Versuche, die deutlich komplexer waren als die Herangehensweise seiner Vorgänger. Andererseits wurden schließlich neue Beziehungen und Abhängigkeiten in Hinblick auf andere Lebewesen

¹⁸⁵ Leeuwenhoek war die Zeugung eines „Gleichen“ (*gelijk*) bei Läusen bereits spätestens 1692 bekannt, und die in diesem Zusammenhang erwähnte Erinnerung an Notizen zur Fortpflanzung von bestimmten Regenwasser-Animalcula mag den Gedanken an spätere Analogien bereits andeuten (Leeuwenhoek 1939–1999, 8.318–321). Als Antwort auf Kritik von Martin Lister führte er dann 1699 entsprechenden Gedanken für die Samen-Animalcula aus (ebd. 12.314–321), die in anderen Briefen wiederholt werden sollten (ebd. 13.208–211, 240).

¹⁸⁶ Bereits 1674 hatte Leeuwenhoek Schafslebern untersucht, und 1702 sollten noch einmal Erkrankungen dieser Tiere den Ausgangspunkt für Beobachtungen bilden (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.106; 14.96–91). In der Zwischenzeit fand er Animalcula in seinem eigenen Kot und dem von Hühnern (ebd. 3.366–373) sowie in Blut und Exkrementen von Fröschen (ebd. 4.74–79; 13.18–23); ferner in den Eingeweiden von Aalen u.a. Fischen (ebd. 2.240; 9.146–153, 324–343; 11.162–169), in einem menschlichen Knie (ebd. 7.98–113), in Zahnstein und schadhafte Zähne (ebd. 4.124–137; 12.192–195; 13.164–173), in Blattläusen und anderen Insekten (ebd. 10.298; 13.126) und in Muscheln (ebd. 11.96, 126–139). Dahingegen verstand er Mitesser als Auswüchse, die lediglich die Form von Würmern hätten (ebd. 3.358–365; 4.136–141). Ferner sind die Beobachtungen an Pflanzensäften zu erwähnen: Hier zeigten sich zum einen Partikel, die für Animalcula gehalten werden konnten (ebd. 1.306–109), zum anderen Lebewesen, die letztlich aus dem Regenwasser zu stammen schienen (ebd. 3.168, 196, 212–215, 230–233).

¹⁸⁷ Bereits 1681 hatte Leeuwenhoek vermutet, dass die Animalcula, die er im Kot von Hähnen gefunden hatte, eigentlich zum Samen gehörten, zumal sich in den Fäkalien anderer Tiere zumeist keine Animalcula fanden. Zwei Jahre später fand er jedoch in Blut und Fäkalien von Fröschen Animalcula, die sich deutlich von denen in deren Samen unterschieden (Leeuwenhoek 1939–1999, 3.366–377; 4.60–63, 74–79). Im August 1695 berichtete Leeuwenhoek schließlich, wie er innerhalb der Schalen von Austern auf mikroskopische Lebewesen gestoßen war, welche denen glichen, die er schon häufiger in verschiedenen Wassern gefunden hatte (ebd. 11.36–39). Kurz darauf entdeckte er auch in Schwanemussheln eine große Vielzahl von Animalcula, von denen er einige für den Samen hielt, während er bezüglich der anderen nur spekulieren konnte, ob diese eventuell als Nahrung für die Muschel dienen könnten. Diese Annahme musste er jedoch noch vor Jahresende revidieren, da es nun eher so erschien, als würden die Animalcula ihrerseits die Muscheln verzehren (ebd. 11.93, 96, 128–135). Dennoch hielt Leeuwenhoek bei späteren Gelegenheiten daran fest, mikroskopische Lebewesen als Nahrung für größere Tiere zu verorten, und überlegte sogar, was wiederum die Nahrung dieser Animalcula sein könnte (ebd. 11.174; 12.388; 13.14; 14.172).

hergestellt, indem die Animalcula in der Samenflüssigkeit zum Agenten der Fortpflanzung und die Animalcula im Wasser zur Nahrungsquelle für größere Tiere gemacht wurden. Vor allem im ersten Fall spielten dabei Analogien zu Beobachtungen an anderen Objekten eine zentrale Rolle. Zu Beginn seiner Beobachtungen war Leeuwenhoek geradezu irritiert davon gewesen, dass die Pfeffer-Animalcula sich scheinbar *nicht* analog zu größeren Lebewesen entwickelten, sondern sich ohne erkennbares körperliches Wachstum in der Anzahl vermehrten. Später wurde dann eine *andere* Analogie zur befriedigenden Erklärung, weil diese zahlreiche Aspekte des Zeugungsprozesses mit einbezog, ohne dabei allerdings das ursprüngliche Problem vollständig zu lösen. Analogien konnten also Probleme aufwerfen, aber auch dazu genutzt werden, um diese zu umgehen.

3.4.4 Zusammenfassung

Nachdem die ersten mikroskopischen Beobachtungen von Animalcula also vornehmlich die seit der Antike bestehende Ansicht einer spontanen Zeugung bekräftigt und in eine enge Verbindung mit der Entstehung von Krankheiten gesetzt hatten, wurden derartige Überlegungen später mit zunehmender Skepsis aufgenommen. Die Beobachtungen richteten sich nun darauf aus, die vermeintlichen Zusammenhänge der Animalcula mit den Stoffen, die sie angeblich erzeugten, versuchsweise zu verändern beziehungsweise aufzulösen. Im Zuge dessen wurden die Animalcula mehr und mehr als eigenständige Lebensformen verstanden, die sich allerdings so stark von bisher bekannten Tieren unterschieden, dass es in vielerlei Hinsicht unklar blieb, in welcher Beziehung sie zu diesen standen. Durch Leeuwenhoeks Beobachtungen wurde diese neu gewonnene Unabhängigkeit zugleich gestärkt und relativiert: Die Samen-Animalcula waren sowohl eigenständige Lebewesen als auch Vor-Form größerer Arten, während andere Animalcula unter der Perspektive, dass sie größeren Lebewesen als Nahrung dienten, als vollwertige Organismen verstanden wurden, die allerdings vornehmlich in ihrer Beziehung zu anderen einen Sinn hatten.

Analogien spielten in diesem Forschungsfeld nur eine geringe Rolle, weil sich zunächst scheinbar zu wenig Anknüpfungspunkte boten. Selbst die grundlegende Annahme, dass die Anatomie und Fortpflanzung dieser Animalcula mit denen größerer Lebewesen übereinstimmen mussten, erschien anfangs offenbar eher problematisch. Erst als sich in Leeuwenhoeks Beobachtungen eine ganze Reihe sehr spezifischer Entsprechungen andeutete, konnte eine Analogie aufgestellt werden, welche dann allerdings eine völlig neue Perspektive auf die Beziehungen zu größeren Lebewesen mit sich brachte.

Insgesamt weisen die hier besprochenen vier Objektklassen eine zu weiten Teilen unterschiedliche Entwicklung hinsichtlich der Beziehungen und Analogien zwischen Objekten auf: *Pflanzen* wurden zunehmend mit dem expliziten Ziel der Analogienbildung in Hinblick auf tierisches Leben studiert, und die damit einhergehende Mehrdeutigkeit war scheinbar ein zentraler Faktor dafür, dass die Forscher sehr unterschiedliche und wandelbare Vorgehensweisen für ihre Beobachtungen entwickelten. Die Beobachtungen von *Insekten* verlagerten sich mehr und mehr auf Prozesse, womit die Relevanz von Analogien zunächst hinter der Frage nach materiellen und lebensweltlichen Zusammenhängen zurück trat. Die Strukturen von *Organen* konfrontierten die Forscher dagegen mit einer gewissen Erklärungsnot. Analogien blieben in diesem Fall vermutlich wegen des engen Bezugsrahmens, innerhalb dessen sie aufgestellt wurden, zweifelhaft und es entwickelte sich schließlich eine alternative Tendenz, nämlich die Reduktion der Strukturen auf Elemente ohne Aussagen über Funktionen.

In den *Animalcula*-Beobachtungen hatten schließlich Analogien aufgrund der wenigen Anknüpfungspunkte zuerst nur eine geringe Rolle gespielt, später dann führten sie allerdings zu einem grundlegenden, wenn auch nicht unproblematischen Perspektivwechsel.

Allgemein lässt sich also festhalten, dass die Relevanz von Analogien einerseits durch die Perspektive auf die jeweiligen Objekte bedingt wurde. Andererseits konnten Analogien aber auch die Art und Weise, in der Objekte beobachtet wurden, selbst grundlegend verändern. Hierfür erwiesen sich Analogien von mittlerer Reichweite als deutlich produktiver als solche, die innerhalb eines engen Bezugsrahmens aufgestellt wurden. Weiterhin waren Analogien insofern ein wichtiger Faktor für die Diversität der mikroskopischen Forschung, da sie als mehrdeutiges Ergebnis von Beobachtungen zugleich die Basis für die Durchführung neuer Untersuchungen bildeten.

Eine gemeinsame „Reihenfolge des Erkennens“, welche für einen Beobachtungsstil charakteristisch wäre, lässt sich also nicht feststellen. Gerade die Gemeinsamkeit vieler Forscher hinsichtlich des hohen Stellenwertes von Analogien in ihren Untersuchungen hatte paradoxerweise zur Folge, dass sich ihre Beobachtungen, wenn sie sich auch zu großen Teilen mit den gleichen Objekten beschäftigten, signifikant voneinander unterschieden. Und tatsächlich führten diese Unterschiede letztlich sogar dazu, dass einige Forscher hinsichtlich fremder Beobachtungen vor allem das Bedürfnis hatten, sie entsprechend den Ergebnissen ihrer eigenen Studien zu „korrigieren.“

Kapitel 4

Beobachtungstechniken

4.1 Beobachten als Betrachten: Mikroskopie mit minimalen Techniken

4.1.1 Technische Hindernisse

Die Entwicklung des mikroskopischen Beobachtens im Sinne einer Tätigkeit, bei der verschiedene Instrumente und Techniken verwendet werden, ist das gesamte 17. Jahrhundert hindurch zwei grundsätzlichen Tendenzen unterworfen: Während ein Teil der Forscher vor allem in der ersten Hälfte des untersuchten Zeitraumes das Beobachten primär als ein Betrachten ohne Einwirkung auf die Objekte verstand, beinhalteten die Untersuchungen bei anderen von vorneherein zusätzliche Techniken, mit denen für ein besseres Verständnis in die Strukturen und Prozesse eingegriffen wurde. Eng verbunden mit dieser Frage waren andere Aspekte des Beobachtens, hinsichtlich deren sich ähnliche Unterschiede feststellen lassen können: Das mikroskopische Sehen wurde entweder als eine erweiterte Form des natürlichen Sehens oder aber als künstliche Wahrnehmung verstanden, und Beobachtungen konnten entweder nur die Feststellungen über Objekte und ihre Zusammenhänge enthalten, oder auch über die Vorgänge, die es überhaupt ermöglicht hatten, diese anzustellen. Letzteres stand wiederum in engem Zusammenhang mit der Frage, ob die Beobachtungen die Leistung eines Individuums bleiben oder durch andere Forscher reproduziert werden sollten, und inwieweit dazu Auskünfte über das jeweilige Vorgehen notwendig und machbar waren.

Die späteren, längerfristig ausgeführten Beobachtungen beinhalteten ferner eine Tendenz dazu, die Beobachtungstechniken für spezifische Einzelfälle zu entwickeln und zu modifizieren. Damit ging auch eine wachsende Sensibilität gegenüber der Möglichkeit einher, dass derartige Techniken nicht nur Mittel der Beobachtung waren, sondern auch die untersuchten Strukturen und Zusammenhänge verändern und somit den Beobachter zu falschen Schlussfolgerungen verleiten konnten. Dementsprechend unterschieden sich die einzelnen Forscher auch darin, wie sie eigene und fremde Beobachtungen hinsichtlich des Gehalts an Spekulationen einschätzten.

Aus den bisher geschilderten Entwicklungen ist an einigen Stellen bereits klar geworden, dass mikroskopisches Beobachten selbst in einem kaum standardisierten und höchst wechselhaften Prozess bestand. Dies gilt insbesondere auch für die technischen Aspekte der Untersuchungen: Schon die wenigen aus dieser Periode erhaltenen Mikroskope unterscheiden sich als Typen und in individueller Hinsicht stark voneinander.¹ Dies gilt umso mehr für die technischen Handgriffe und zusätzlich verwendeten Hilfsmittel, da diese noch häufiger von den Forschern selbst entwickelt wurden. Im folgenden soll untersucht werden, unter welchen Bedingungen Beobachtungstechniken konzipiert und modifiziert wurden und wel-

¹Siehe bspw. den Katalog von Fournier (2003).

chen Stellenwert ihnen seitens der Forscher für den Erkenntnisgewinn aus den Beobachtungen eingeräumt wurde. Dabei soll insbesondere berücksichtigt werden, in welchem Ausmaß überhaupt technische Ausführungen in die Beobachtungsberichte eingingen beziehungsweise welchen Teilaspekten dabei besondere Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Es stellt sich ferner die Frage nach etwaigen rhetorischen Zielen, die mit derartigen Bemerkungen verfolgt wurden, und nach methodologischen Verallgemeinerungen.

Für die Anfangszeit der Mikroskopie stand jedoch zunächst die Technik als Herausforderung beziehungsweise Problem im Vordergrund: Bereits Francis Bacon hob in seiner kurzen Bemerkung über das Mikroskop hervor, dass Beobachtungen durch technische und kognitive Aspekte in gleichem Maße beeinflusst würden. Und so wie er bereits den Einfluss theoretischer Konzepte auf die Interpretation von Beobachtungen eher als Hindernis gesehen hatte, schilderte er auch hinsichtlich der methodisch-technischen Seite lediglich mögliche Einschränkungen: Einerseits sei es mit dem Mikroskop nur möglich, kleinere Objekte zu untersuchen, andererseits wäre aber die Vergrößerungsleistung zu gering, um die kleineren Teile dieser Körper wahrzunehmen.² Dieser negativen Einschätzung und dem eher theoretischen Charakter des *Novum Organon* entsprechend verzichtete Bacon darauf, auf weitere technische Spezifikationen oder Methoden für die Beobachtungen einzugehen.

Auch Descartes sprach sich in seinem *Discours de la Méthode* noch implizit gegen mikroskopische Beobachtungen aus, als er riet, vor allem alltägliche, unmittelbare Erfahrungen zur Basis der Naturphilosophie zu machen.³ Allerdings hatte er in der an den *Discours* angehängten *Dioptrique* nichtsdestotrotz detailliert den Aufbau eines zusammengesetzten Mikroskops beschrieben und den Nutzen dieses Instrumentes für die Forschung hervorgehoben.⁴ Aber auch er verzichtete darauf, weitere Hinweise auf das tatsächliche Vorgehen bei mikroskopischen Beobachtungen zu geben. Zum einen ist dies sicherlich dem Umstand geschuldet, dass ein derartiger Exkurs innerhalb der eng gefassten Thematiken beider Teile des *Discours* wenig sinnvoll gewesen wäre, zum anderen deuten aber auch Kommentare in Descartes' Korrespondenz darauf hin, dass dieser für seine eigenen Beobachtungen nicht auf weitere Techniken zurückgegriffen hatte.⁵

²„Verum incompetencia huiusmodi Perspicillorum, praeterquam ad minutias tantum (neque ad ipsas quoque, si fuerint in corpore maiusculo) vsum rei destruit. Si enim Inuentum extendi posset ad corpora maiora, aut corporum maiorum minutias; adeo vt textura panni linteii conspici posset tanquam rete; atque hoc modo minutiae latentes & inaequalitates Gemmarum, Liqueurum, Vrinarum, sanguinis, Vulnerum, & multarum aliarum rerum cerni possent, magnae proculdubio ex eo Inuento commoditates capi possent“ (*Novum Organon* (1620), Lib. II, Aph. 39; zitiert nach: Bacon (1996, 11.344)).

³„Mesme ie remarquois, touchant les experiences, qu'elles sont d'autant plus necessaires, qu'on est plus auanceé en connoissance. Car, pour le commencement, il vaut mieux ne se servir que de celles qui se presentent d'elles memes a nos sens, & que nous ne scaurions ignorer, pouruü que nous y facions tant soit peu de reflexion, que d'en chercher de plus rares & estudiées: dont la raison est que ces plus rares trompent souuent, lorsqu'on ne scait pas encore les causes des plus communes, & que les circonstances dont elles dependent sont quasi tousiours si particulieres & si petites, qu'il est tres malaysé de les remarquer“ (Descartes 1964–1986, 6.63). Im späteren Textverlauf wird jedoch zumindest für ein späteres Stadium die Suche nach besonderen Beobachtungen eingeräumt, mittels deren das genaue Verhältnis bestimmter Phänomene zu den naturphilosophischen Prinzipien geklärt werden könnte (ebd. 6.65).

⁴Zur Beschreibung und Einschätzung des Mikroskopes siehe Descartes (1964–1986, 6.206–210, 226–227) und oben S. 22. Auffällig ist der Einbezug eines fest montierten Spiegels in die Konstruktion. Hierdurch wird, wenn auch nur implizit, die Beleuchtung als wichtiger Faktor der Beobachtung verdeutlicht. Weitere Hinweise oder gar Ausführungen zum tatsächlichen Vorgehen bei Beobachtungen gab es jedoch nicht.

⁵Descartes (1964–1986, 1.109, 177).

4.1.2 Vernachlässigung technischer Details

Während der technische Aspekt von mikroskopischen Beobachtungen den Überlegungen von Bacon und Descartes zufolge ein zentrales Hindernis für die Beobachtungen darstellte, spielte er aus Sicht der Forscher, welche das Mikroskop zur etwa gleichen Zeit bereits verwendeten, scheinbar nur eine untergeordnete Rolle: Peiresc beschrieb in seinen Notizen über seine ersten mikroskopischen Beobachtungen 1622 kurz das Mikroskop und die Lichtverhältnisse, weil beide für ihn ebenso Teil der Erfahrung waren, wie die Eindrücke, die er von den beobachteten Objekten bekam.⁶ In den späteren Briefen, in denen er seinen Korrespondenten gegenüber auf diese Beobachtungen Bezug nahm, verzichtete er jedoch bemerkenswerterweise fast vollständig auf derartige Ausführungen. Lediglich in einem Brief an Gassendi wies er im Februar 1634 auf die technischen Unzulänglichkeiten seines Mikroskopes und vor allem dessen geringe Vergrößerungsleistung hin.⁷ Diese und andere in den Briefen erwähnte Beobachtungen unterschieden sich auch insofern von den Beobachtungen von 1622, als nicht mehr darauf eingegangen wurde, dass die Objekte im Rahmen der Untersuchungen zerlegt wurden, auch wenn andere Quellen andeuten, dass Peiresc über gewisse mikro-anatomische Fertigkeiten verfügt zu haben scheint.⁸ Die methodisch-technischen Einzelheiten, die im ersten Moment noch berichtenswerter Teil der Erfahrung gewesen waren, wurden also im allgemeinen nicht mehr als wesentlicher Aspekt der Beobachtungen eingestuft. Wie Peiresc sein eigenes Vorgehen geplant und die Beobachtungen durchgeführt hat, lässt sich somit kaum erschließen, weil sich die Beobachtungsberichte auf Feststellungen hinsichtlich der untersuchten Objekte beschränkten.

In ähnlicher Weise finden sich auch in den Texten Cesis und Stellutis keine expliziten Erläuterungen zu den Spezifika der verwendeten Instrumente oder den Beobachtungsmethoden. Insbesondere Stellutis Darstellung der Biene und einige Bemerkungen im *Persio tradotto* legen jedoch nahe, dass auch hier während der Untersuchungen die Insekten sehr feingliedrig zerteilt wurden.⁹ Gleiches gilt für William Harvey, aus dessen Abhandlungen

⁶ „Ç’a été Jacques Kuffler [...] qui m’a faïct voir cette lunette dans la chambre de la Reyne mère au pailais du Luxembourg au St Germain, où il a voulu aller chercher le grand air et le grand soleil à une heure après midy. Sa lunette est de longueur d’un pan ou environ comme un canon d’escrittoire, d’un pouce de diamètre, elle est cuyvre doré et s’assemble de trois pièces pour s’allonger plus ou moins selon quelque esloignement des objets bien petits. Elle a du costé de l’oeuil comme un petit entonnoir peint de noir dans lequel y a un trou de la largeur d’un petit ongle à deux doigt duquel trou est enchassé un verre convexe des deux costés et portion d’un assez petit globe. A l’autre bout est serty ou anté un moindre tuyau qui n’a plus de diametre que le tiers de l’autre, ne de longueur plus d’un demy-doigt, à l’extrémité duquel est enchassé un autre verre, plat du costé qui regarde le convexe et rond du costé qui regarde l’object, recouvert de cuivre en sorte qu’il n’en paroist qu’un trou si petit qu’une gross espingle le pourroit remplir. Il dit qu’il n’est pas vray convexe régulier, ne concave, et que ce n’est pas de simple verre commun, ains que pour le rendre plus clair, quand il est fondu et prest à se congeler, il y verse dessus certaine autre matière qui le clarifie“ (Humbert 1951, 155). Jakob Kuffler (gest. 1622) war ein Bruder von Abraham und Johannes Sibertus Kuffler, der Schwiegersöhne von Cornelis Drebbel. Die Kufflers bemühten sich, dessen Erfindungen in Europa gewinnbringend bekannt zu machen.

⁷ „[...] y ayant une infinité de choses qui ne nous sont incomprehensibles qu’à faulte d’instruments assez propres à les nous faire discerner“ (Peiresc 1888–1896, 4.436).

⁸ Gassendi erwähnte in seiner *Vita Peireskii* detailliertere anatomische Untersuchungen an Insekten im Kontext des Jahres 1628: „Ita admonitus de lingua muscarum multicuspidata microscopio conspicua; experimentum multiplex peregit in insectis adfinibus, ac in Ape potissimum [...]“ (Gassendi 1658, 5.301). Die Bemerkungen zu derartigen Themen in Peirescs Korrespondenz blieben hingegen sehr kurz (Peiresc 1888–1896, 3.465, 477–478; 6.28–30).

⁹ Hierauf deutet insbesondere die Darstellung der Bienezunge hin (Stelluti 1630, 52), ferner die abschließenden Bemerkungen zu einer Verbindung von Stachel und Darm: „Vi resta la spina, ouer’ ago [...], quale sta dentro l’estrema parte di detto corpo con vno intestino vnito, tenero, e di color bianco. Nel suo principio dou’è col detto intestino congiunto è grossetto; ma si vâ poi restringendo, & assottigliando a poco a poco sin’al fine, terminando

hervorgeht, dass er Insekten und andere kleinere Lebewesen sowie die Embryonen von Hühnern im Rahmen seiner mikroskopischen Beobachtungen zerlegt hatte, ohne dann Angaben über sein genaues Vorgehen oder Informationen zu seinem Mikroskop zu liefern.¹⁰

Gassendi gab in seinen Schriften und seiner Korrespondenz ebenfalls nur spärliche Hinweise auf das von ihm verwendete Instrument und die Art und Weise, in der er seine Untersuchungen im Einzelnen durchgeführt hatte. Aus der Rolle, welche das Mikroskop als Analogie in seinen Erläuterungen zur Wahrnehmung spielte, kann allerdings geschlossen werden, dass Gassendi die mikroskopische Sicht als kontinuierliche Fortsetzung des natürlichen Sehens verstand.¹¹ Ferner lassen die Verweise auf Untersuchungen an Insekten erkennen, dass sich Gassendis Beobachtungen scheinbar auf deren Äußeres beschränkten, ihr Inneres dagegen explizit über Analogien erschlossen wurde. Dies deutet darauf hin, dass in Gassendis Fall die Objekte in erster Linie *betrachtet* wurden, ohne dem Einfluss weiterer Techniken ausgesetzt zu werden.¹² Das Gleiche legen auch die Beschreibungen anorganischer Strukturen nahe: Sowohl die Ausführungen zu den unterschiedlichen Formen von Schneeflocken, über die Gassendi im Februar 1629 an Mersenne schrieb, als auch die Beschreibung der Formation von Salzkristallen in einem Brief an Peiresc im Juli 1635, bezeugen sogar eine hohe Sensibilität gegenüber den Umgebungsbedingungen der Beobachtungen. Gassendi ging es demnach also gerade darum, Prozesse und Strukturen möglichst *ohne* äußeren Eingriff und die Anwendung zusätzlicher Techniken zu untersuchen.¹³

Dennoch lässt sich aus dem Umstand, dass Gassendi all dies kaum explizit erörterte, schließen, dass er wie die anderen Forscher dieses Zeitraumes keine Notwendigkeit sah, die technischen Aspekte des mikroskopischen Beobachtens in seine Ausführungen mit einfließen zu lassen. Tatsächlich wurde das Beobachten als Prozess in der Regel gar nicht thematisiert, und es blieb bei der Beschreibung der untersuchten Objekte.

in vna punta acutissima, come si vede nel disegno; hauendo voluto figurarlo della medesima grandezza appunto ch'il Microscopio ce lo rappresenta. E questo è quanto habbiamo potuto osseruare con nostra molta fatica, studio, e diligenza intorno a sì maurauioglioso Animale, la cui forma, e di ciascun suo membro qui descritto, meglio si potrà conoscere nella qui impressa figura“ (ebd. 54).

¹⁰Da die Insekten, welche er auf das Vorhandensein eines Herzens untersuchte, nicht über einen transparenten Thorax verfügten, und Harvey (1628, 28) zuweilen auch Aussagen zum Herzschlag trifft, müssen sie sogar zergliedert worden sein, ohne dass sie dabei gleich starben. Und in den embryologischen Studien wird vor allem die Untersuchung des abgeschnittenen Kopfes eines Hühnerembryos am sechsten Tag explizit erwähnt (Harvey 1651, 62). Singer (1914, 279) hat ausgehend von einem Portrait von 1639 (abgebildet bei Milford 1913, XI) darauf hingewiesen, dass Harvey scheinbar ein Mikroskop verwendet haben könnte, das in seiner Form dem Typ ähnelte, den Descartes (1964–1986, 6.206–210) in seiner *Dioptrique* beschrieben hatte. Es ist jedoch zu diesem Instrument weiter nichts überliefert.

¹¹S.o. S. 22–23.

¹²„Agnosces porrò potissimùm, si animalculum Acari, quod habetur pro punctulo, quo par est modo, contemplere. Primum quippe illius corpus, vt animus decet, organicum est, & Engyscopio detegimus esse in illo non modò os, sive rostrulum cum proboscidula [...] sed ad posticam etiam arcuatamque partem podiculum [...] Attende deinde non modò quot partes contexendae cuti, quã omnia exterius circumuestiuntur, sint necessariae; verùm etiam quàm esse debeat partium sub ipsa concludarum innumerabilis multitudo. Nimirùm adesse oportet, quae nutritioni, caeterisque functionibus sint destinatae. Stomachum oportet, atque intestina; oportet iecur, cor, cerebrum [...]“ (Gassendi 1658, 1.269a).

¹³Hinsichtlich des Schnees legte Gassendi einen besonderen Schwerpunkt auf die unterschiedlichen Wetterbedingungen (Mersenne (1945–1988, 2.297–199); Gassendi (1658, 2.79a–81a)), während er bei seinen Beobachtungen von Salzen eine Abhängigkeit der Kristallbildung von der Feuchtigkeit ausmachte (Peiresc (1888–1896, 4.538–539); Gassendi (1658, 1.271a)).

4.1.3 Beobachtungen als Prozess

Im Gegensatz zum minimalistischen Vorgehen und den auf die Objekte beschränkten Beschreibungen seiner Vorgänger erläuterte Odierna, der in seinen Untersuchungen den Eingriff in die Objekte zum zentralen Aspekt der Beobachtungen machte, sein Vorgehen in engem Zusammenhang mit den Beobachtungen: Er beschrieb detailliert, wie er zuerst den Kopf vom Körper einer Fliege getrennt und dann die Cornea vom Auge abgezogen hatte, so dass er dieses dann in einzelne Kristalle zerteilen konnte. Zudem erwähnte er auch, dass dies dadurch vereinfacht wurde, dass er zuvor an den Augen anderer Insekten geübt, und die Körper vor den eigentlichen Untersuchungen gekocht hatte. Diese technischen Prozesse und Methoden wurden als Teil der Beobachtungen verstanden und mit dem expliziten Ziel geschildert, Odiernas Untersuchungen für andere Forscher nachvollziehbar und reproduzierbar zu machen.¹⁴

Hierzu gehörte auch eine kurze Beschreibung des verwendeten, aus zwei Linsen bestehenden Mikroskops sowie der Versuch, dessen Vergrößerungsleistung zumindest schätzungsweise anzugeben: Anhand eines vergrößerten Sandkornes veranschlagte er eine Vergrößerung um etwa das tausendfache. Diese Angabe war allerdings nur von vermindertem Wert, da nicht erläutert wurde, ob sie sich auf den Durchmesser oder das Volumen des Objektes bezog, auch wenn angesichts der erhaltenen Instrumente aus dieser Zeit letzteres weitaus wahrscheinlicher ist.¹⁵

In Übereinstimmung mit dieser eher technischen Darstellung charakterisierte Odierna das mikroskopische Beobachten als eine besondere Erfahrung und als ein Aufdecken von Geheimnissen, betonte also im Gegensatz zu Gassendi eher den Kontrast zum normalen Sehen.¹⁶

In ähnlicher Weise hob auch Kircher hervor, dass durch das Mikroskop Verborgenes aufgedeckt werde beziehungsweise die Täuschungen der gewöhnlichen Wahrnehmung erkennbar würden.¹⁷ Doch obwohl Kircher kurz den Aufbau verschiedener Arten von Mikroskopen beschrieb und dabei auch die Notwendigkeit von künstlicher Beleuchtung erwähnte, blieb im Grunde genommen unklar, welches dieser Instrumente er selbst für seine Beobachtungen benutzt haben könnte.¹⁸

¹⁴„E perche, à chi non saprà il modo ch'io hò tenuto, e li mezzi che hò vsato, perosseruare questa mirabile Anatomia parrà senz 'altro impossibile, che con la vista libera, & ordinaria, habbi possuto discernere cotanta sottigliezza, parmi bisogno che dimostri il modo, che hò tenuto, è anco vadi struendo à chi volesse pratticarla“ (Pighetti 1961, 330). Es folgt die Beschreibung der einzelnen Prozeduren (ebd. 330–332).

¹⁵„Or quanto sin qui hò detto, intorno à questa nuoua Anatomia l'hò io scouerto, non con la nuda vista de l'Occhio; mà col mezzo d'vn occholino laurato à vetri conuessi, di figura semirotonda, più piena della Lenticolare [...] mà con doppio christallo, e con Arteficio assai diuario dà quello, mentre per ill mezzo di quei christalli, mi vien rappresentata qualsiuoglia piccolissimo granello d'Arena più di mille cuplicata grandezza“ (Pighetti 1961, 329). Vgl. auch eine weitere, ähnlich kurze Beschreibung der Instrumente einschließlich einer Beschreibung der Beleuchtung (ebd. 331). Eine tausendfache Vergrößerung in Bezug auf den Durchmesser erscheint angesichts der erhaltenen Mikroskope, die sich nur in seltenen Fällen dem Faktor 100 überhaupt näherten, so gut wie ausgeschlossen (vgl. die Angaben im Katalog von Fournier (2003)). Denkbar wäre jedoch (auch hinsichtlich der unten erläuterten Angaben bei anderen Forschern) eine Angabe in Bezug auf das Volumen, die nach heutigem Maß einer Vergrößerung um das zehnfache entsprechen würde.

¹⁶„E nell'Occhio della Mosca, e del Moschino più chiaramente, s'esprime il color rosso, e sanguigno, rappresentando, à viuo, vn mezzo pometto di Fragaria, che però diletta alla vista indicibilmente, e piace al senso mirabilmente“ (Pighetti 1961, 324). Bezüglich des „Geheimnisses“ (*arcano*) siehe ebd. (327–328).

¹⁷Kircher (1646, 834).

¹⁸„Fiunt igitur smicroscopia varijs modis, omnis sectio sphaerae vitreae huic negotio sufficit. Nonnulli vtuntur duabus lentibus conuexis, de quibus numero quinto tractatum est. Quida[m] vtuntur ingentibus vitreis sphaeris aqua

Auch in Kirchers Fall beinhalteten die Beobachtungen zuweilen zusätzliche Verfahren: Im *Mundus subterraneus* finden sich Anweisungen, wie die Form von Brennesselblättern auf mikroskopischer Ebene aus deren Asche wieder erzeugt werden könne, indem man letztere verwässerte und gefrieren ließ.¹⁹ Im *Scrutinium pestis* lieferte er hingegen eine Anleitung dazu, mikroskopische Würmer, wie sie laut Kircher auch im Blut zu finden waren, zu erzeugen, indem man Fleisch unter bestimmten Bedingungen verfaulen ließe. In beiden Fällen war also das Beobachten eine komplexe Tätigkeit, in deren Zusammenhang die Phänomene, die untersucht werden sollten, überhaupt erst vom Beobachter erzeugt wurden. Allerdings unterschieden sich die Angaben zu den technischen Fragen in verschiedenen Textfassungen: Kircher wies erstens nur an einer Stelle daraufhin, dass für diese Beobachtungen ein besonders starkes Mikroskop notwendig sei, zweitens fehlten Angaben hinsichtlich des genaueren Aufbaus dieser Instrumente in allen Fassungen vollständig.

Während also die Art und Weise, in der Kircher seine Vorgehensweise beschrieb, das prozessuale Moment der Beobachtung mit einbezog und nahelegte, dass die Beobachtungen reproduziert werden konnten und sollten, fehlten tatsächlich zentrale Angaben, die hierfür nötig gewesen wären. Diese Inkonsistenz zwischen Form und Inhalt des Textes ist auch insofern bemerkenswert, weil Kircher die Schwierigkeiten des Beobachtens explizit in der Verwendung des Mikroskops verortete, und nicht wie Odierna in der Handhabung der Objekte, auch wenn beide Forscher die gleiche Vergrößerung, nämlich etwa um das tausendfache, angegeben hatten.²⁰

Auch Fontanas Erläuterungen hinsichtlich der technischen Fragen des Beobachtens blieben letztlich lückenhaft: Zwar stellte er den Beobachtungen eine detailliertere Beschreibung eines zusammengesetzten Mikroskops voran, diese war jedoch nicht darauf ausgelegt, den Bau ähnlicher Instrumente und das Nachahmen der geschilderten Untersuchungen zu

repletis. E contra alij nouo fere, eoque sagacissimo inuento minimas sphaerulas vitreas, quarum diameter minimarum perlarum diametrum non excedit [...]“ (Kircher 1646, 835). Es folgte eine Beschreibung eines entsprechenden Instrumentes inklusive einer Lampe zur Beleuchtung der Objekte, dazu der Hinweis, dass Kircher ein solches als Geschenk von Giovan Carlo de' Medici erhalten hatte. Dies könnte so verstanden werden, dass Kircher dieses Instrument auch selbst benutzt hat. Die folgende Beschreibung eines einfachen Mikroskopes mit hyperbolischer Linse dürfte hingegen eher als Projekt zu verstehen sein; hier stimmen des weiteren die Bezeichnungen in Text und Graphik nicht mehr überein. Mersenne schrieb zu diesen Fragen am 22. September 1646 an Kircher: „Sed neque figuram et fabricam ejus microscopii scribis, tamen amicos placeat tibi ad me scribere, fac ut quae videris ita exprimas, ut non sit opus figuris, si quae sint necessariae, requirere“ (Mersenne 1945–1988, 14.473–474). Der vorangegangene Brief mit den Beobachtungen ist leider nicht erhalten.

¹⁹ „Accipe quamcunque herbam, potissimum eam, que multiplici fibrarum ductu pollet, nos urtica solemus, hanc in cinerem redige in olla quam optimè lutata, deindè incineratione peracta, cineribus aquam super affundito, fietque lixivium, quod in catinum effusum nocti hybernae expositum relinque, donec tenuem in superficie glaciem contrahat; & videbis cum admiratione, glaciem ita exactae folia utricae exhibere, ac si impressa fuissent: Si verò hanc glacialeffigiem penitus ope tubi smicroscopii examinaris, omnia puncta & radios quosdam, jam plures, modo pauciores, rudi quadam ichnographia ad fabricanda corpora polygona evolvi; ea verò, quae vasis lateribus adhaerent, ut plurimum quadratas tesseras exprimere“ (Kircher 1665, 2.26b).

²⁰ „Accipe particulam carnis, quam noctu lunari madori vsque ad sequentis diei exordium expositam relinques, deinde illam attentè Smicroscopio contempleris, & reperies, totam à Luna contractam putredinem in innumerabiles vermiculos diversae quantitatis degenerasse, quos tamen seposito smicroscopio nullo visus acumine deprehendere queas, exceptis ijs, quos moles notabilis, in quam excreuerunt, sensibiles facit. [...] Smicroscopium tamen non putes vulgare esse debere, sed diligenti non minùs quàm perita manu elaboratum; cuiusmodi mihi est, quod obiecta millies maiora quàm in se sunt repraesentat“ (Kircher 1658, 42–43). Vgl. auch die folgenden Experimente zur Erzeugung von Würmern, in denen allerdings nicht immer ein Mikroskop erwähnt wird (ebd. 43, 46), sowie eine andere Fassung des Experimentes mit verfaultem Fleisch, in der überhaupt nicht auf optische Vergrößerung verwiesen wurde (Kircher 1665, 2.356). Genauere Angaben zum Aufbau des verwendeten Mikroskops finden sich an keiner Stelle.

ermöglichen, und stand auch nur in loser Beziehung zu den eigentlichen Beobachtungen. Vielmehr sollte dieser Abschnitt dazu dienen, Fontanas Behauptung zu untermauern, dass er selbst ursprünglich das Mikroskop erfunden habe.²¹ In Hinblick auf seine Beobachtungen beschränkten sich seine Angaben dagegen auf eher beiläufige Erwähnungen zur Beleuchtung und zur Verwendung einer Nadel zum Zerteilen von Insekten. Ebenso wird aus den Beschreibungen durch nebensächliche Bemerkungen deutlich, dass Fontana seine Beobachtungen von Insekten vornehmlich an lebenden Tieren durchführte.²²

Im Vergleich zu den ersten mikroskopischen Untersuchungen wurde nun also zunehmend auf zusätzliche Techniken zurückgegriffen, und auch der Blick durch das Mikroskop selbst wurde nun verstärkt als eine künstliche Form der Wahrnehmung charakterisiert. In diesem Zusammenhang wurde auch vereinzelt versucht, die Prozesshaftigkeit der Beobachtungen in den Beschreibungen zu berücksichtigen. In den meisten Fällen waren die Angaben diesbezüglich allerdings von stark schwankender Genauigkeit und Ausführlichkeit.

4.1.4 Reflexionen über Beobachtungen

Die von Fontana zu seinen Gunsten beantwortete Frage nach dem Erfinder des Mikroskops wurde von Borel wieder aufgegriffen, der sie allerdings zusammen mit der Geschichte des Teleskops verhandelte und dementsprechend noch stärker von den eigentlich Beobachtungen absetzte. Wie bei Fontana und der Mehrheit der bisherigen Darstellungen wurde dabei ausschließlich das zusammengesetzte Mikroskop beschrieben.²³

Im unmittelbaren Kontext der Beobachtungen finden sich hingegen nur selten direkte oder eindeutige Angaben zu den verwendeten Instrumenten: Bei einer Gelegenheit wies Borel auf die besonders lichtvolle Optik eines Mikroskopes mit vier Linsen hin, und an anderer Stelle merkte er im Zusammenhang mit einer Beobachtung, die er von Erasmus Rasch übernommen hatte, an, dass er von diesem auch ein „nicht zu verachtendes“ Mikroskop erhalten hätte. Borel hob also einerseits die Besonderheiten einzelner Instrumente hervor, andererseits wurden derartige Eigenheiten in den Beobachtungen kaum berücksichtigt.²⁴

²¹Neben den Angaben zu den Formen der Linsen wurde hier auch der notwendige Abstand zwischen ihnen angeführt (Fontana 1646, 146–147). Zur Frage des Erfinders siehe ebd. (145–146) sowie die Ausführungen bei Lüthy (1995, 185).

²²Licht wird an zwei Stellen in den Beobachtungen nebensächlich erwähnt (Fontana 1646, 149, 150). Die Nadel wird in der Beobachtung des Flohs erwähnt: „Sed quod maximè omnium admirari licet, non semel tenuissima acu Pulicem transuerberando, ex eius vulnere, ova prosiluere, & e vitiatissimis pulli semiformes in lucem editi sunt [...]“ (ebd. 149). Vermutlich wurde sie aber auch bei der Fliege eingesetzt: „Arteria in tam exiguo corpusculo reperitur [...] & in venis ebulliens sanguis non sine admiratione conspiciuntur. At quod miraculorum est maximum, ex eius corpore vn[g]ulam hirsutam euulsimus, & subiectam specillo sumantem, calidamque recenti sanguine conspeximus, & suspeximus tanti operis opificem“ (ebd. 149).

²³Borel (1656a, *De vero*, 1.10, 25–26, 35; 2.43).

²⁴In der mit „De Luce“ übertitelten Beobachtung heißt es: „Omnia Microscopia ex 4. constantia vitris, lucida & quasi diaphana redduntur pororum dilatatione & luminis (quo etiam corpus est) multiplicatione & auctione“ (Borel 1656a, *Centuria*, LXXXII). Zu Rasch äußerte sich Borel im Zusammenhang mit Quecksilber: „Mercurius praecipitatus integer apparet & fluens, sed ob magnam divisionem suam visum effugerat, & confusione luminis candescit, ut nobis eruditissimus noster Erasmus Raschius, harum rerum non incuriosus, retulit, & à quo non contemnendum accepimus Microscopium“ (ebd. LXXXIX). Erasmus Rasch oder Raschius (1618–1665) war der Profession nach Jurist, beschäftigte sich seinen Briefen an Samuel Hartlib zufolge aber auch mit naturwissenschaftlichen Untersuchungen (Greengrass, Leslie und Hannon 2013). Neben einer Handvoll Responsiones für Disputationen an der Universität Wittenberg hat er drei Schriften zu theologischen und philosophischen Themen veröffentlicht.

Das Sehen durch ein Mikroskop verglich Borel mit der Sicht mancher Tiere und setzte es damit eher einer verstärkten natürlichen Wahrnehmung gleich.²⁵ Dementsprechend wurde das Beobachten erneut in erster Linie als ein Betrachten charakterisiert und nur in wenigen Fällen wurden zusätzliche Verfahren geschildert oder das genaue Vorgehen erläutert. In den explizit von Odierna entlehnten Beobachtungen zum Fliegenauge wurden sogar die entsprechenden Angaben zu Mikroskop und Präparationstechniken unterschlagen. Odiernas Absicht, eine Reproduktion seiner Beobachtungen zu ermöglichen, wurde also scheinbar nicht als wichtiger Bestandteil seiner Ausführungen wahrgenommen.²⁶ Eine Ausnahme stellten in dieser Hinsicht nur die Untersuchungen von Pflanzensamen dar: Hier wurde zusätzlich zu den Feststellungen hinsichtlich der Strukturen auch erwähnt, dass die Samen zuerst eingeweicht wurden, bevor Borel sie mit einer Nadel zerteilte.²⁷

Das prozessuale Moment der Beobachtungen wurde jedoch in anderer Hinsicht deutlich gemacht: Der Zeitaufwand und die erst zu erlernenden Fähigkeiten des Beobachters sowie Bemerkungen hinsichtlich der Tageszeit oder der Umstände der Untersuchungen gingen über die Ebene der bloßen Beschreibung von Objekten hinaus.²⁸ Und die Kommentare zur Beleuchtung zeigen, dass Borel zunehmend auch die Bedingungen der Beobachtungen berücksichtigte: Zum einen nutzte er Licht, um das Innere von Insekteneiern zu studieren, ohne diese zu beschädigen, zum anderen finden sich Anmerkungen zu den Lichtverhältnissen vor allen in den Beobachtungen, die sich mit den Farben der jeweiligen Objekte beschäftigten.²⁹

Robert Boyles mikroskopische Beobachtungen standen hingegen oftmals von vornherein in enger Verbindung mit anderen Forschungstechniken: So nutzte er das Mikroskop beispielsweise, um zu untersuchen, wie sich die Strukturen von Stoffen unter bestimmten Bedingungen veränderten, etwa wenn Blei erhitzt oder Muskovit in dünne Plättchen zerteilt wurde.³⁰ Er wirkte aber zuweilen auch gezielt auf Objekte ein, um ihre Strukturen für

²⁵„[...] mihi notandum est animalia quaedam à natura tali oculorum formâ donata esse, ut obiecta maxima percipiant, ac si instrumento nostro Microscopico uterentur; quod ostendis nullius rei nos veram tenere magnitudinem, nec afferre posse, neque verum saporum aut colorem &c. cum haec omnia alia animalia variè juxta organorum varietatem percipiant“ (Borel 1656a, *Centuria, Praefatio admonitoria*).

²⁶Borel (1656a, *Centuria*, XXXIII, XLIX).

²⁷„In gemmis arborum & germinibus seminum plantarum cernes rudimenta, & si semen phaseoli vel amygdalae aquâ calidâ emollias & aperias, acuque optima germinis ejus anatomiam facias, plantae formam in eo reperies“ (Borel 1656a, *Centuria*, XVII).

²⁸Siehe die Feststellung hinsichtlich der Übung in der Unterscheidung von Metallen (Borel 1656a, *Centuria*, IXC) sowie den Hinweis, dass ein bestimmtes Insekt nur nachts zu beobachten sei (ebd. LXXXVIII). Die Beobachtungen von Insekten wurden zuweilen mit narrativen Elementen ausgeschmückt, die auf Beobachtungen im häuslichen Kontext schließen lassen (ebd. XXXVIII, LXXXIV, XCI).

²⁹„[...] hâc autem Praefatiunculâ Lectorem amonitum velim, ut obiecta ad Candelam vel Solem, aut ad ejus radium conspiciat; sic enim res meliùs ac distinctiùs cernet, & latentes ac invisibiles corporum minutiae, & occulti schematismi, ac motus, auctâ insigniter specierum magnitudine, visum suum non effugient, nec non colores ac motus prius non conspicui [...]“ (Borel 1656a, *Centuria, Praefatio admonitoria*). Der Zusammenhang von Farbe und Beleuchtung wird explizit auch in den Beobachtungen von Federn und Silberfischchen erwähnt (ebd. XVI, XXXVI). Hinsichtlich der Durchleuchtung von Insekteneiern siehe ebd. (XX, XXXIV).

³⁰So bemerkte Boyle etwa im *Sceptical Chymist* (1661): „And besides, that the same lead, which I find by *Microscopes* to be one of the most opacous bodies in the world, may be reduced to a fine transparent glasse; whence yet it may returne to an opacous Nature again; and all this, as I said, without the addition of any extraneous body, and merely by the manner and Method of exposing it to the Fire“ (Boyle 1999–2000, 2.342). Und ein ähnlicher Fall findet sich auch in den *Experiments and considerations touching colours* (1664) über Muskovit, Quecksilber, Blei-Kalk und Vitriol: „But above all, that Instance is remarkable, that is afforded to us by *Muscovite* glass, [...] for though plates of this Mineral [...] do often appear Opacous, yet if one of these be Dextrously split into the thinnest Leaves [...] these Leaves will afford the most Transparent sort of consistent bodies [...] I am not yet sure that

mikroskopische Beobachtungen leichter zugänglich zu machen. So wurden verschiedene organische Stoffe eingefroren, um sie für anatomische Untersuchungen vorzubereiten.³¹

Während also die Anwendung verschiedener Techniken in engem Zusammenhang mit den mikroskopischen Beobachtungen erläutert wurde, fielen die Angaben zu den verwendeten Instrumenten selbst erneut eher kurz und unspezifisch aus. Scheinbar verwendete Boyle mehrere Mikroskope mit verschieden starker Vergrößerung und wog die Beobachtungen mit ihnen jeweils gegeneinander ab.³² Generell zog er es aber vor nur mit einer geringen Vergrößerung zu beobachten, da ihm dies ermöglichte, schneller von einer Stelle des Objektes zu einer anderen zu wechseln und er dadurch den Eindruck gewann, quasi das ganze Objekt auf einmal zu untersuchen. Das mikroskopische Beobachten stellte in dieser Hinsicht also eine eigene Art der Untersuchung dar, die Boyle nach seinen persönlichen Vorlieben gestaltete und jenseits des technischen Charakters auch als eine befriedigende und erfreuliche Tätigkeit schilderte.³³ Zugleich war er sich aber auch bewusst, dass seine Untersuchungen mit ihren jeweiligen Techniken, die an den Objekten entlang beziehungsweise für konkrete Einzelfälle konzipiert worden waren, die Gefahr der Täuschung in sich bargen.³⁴

Täuschungen und Fehlurteile bei mikroskopischen Beobachtungen wurden im Anschluss auch von Henry Power thematisiert und stellten sogar die einzigen direkten Angaben dar, die er hinsichtlich des Verhältnisses von Instrumenten und Beobachtungen machte. Er beschränkte sich diesbezüglich jedoch darauf, die Täuschungen, denen seiner Ansicht nach Forscher wie Borel oder Highmore unterlegen hatten, auf ihre vermutlich fehlerhaften

there are no Bodies, whose Minute Particles even in such a *Microscope* as mine [...] will not appear Diaphanous“ (ebd. 4.52).

³¹„I took then divers vegetable substances of differing kinds, as Turnips, Carrets, Beets, Apples, and tender wood, freshly cut off from growing trees, as also divers Animal substances, as Musculous flesh, Livers, Brains, Eyes, Tongues, and other parts, and expos'd them to a very sharp cold, that they might be thoroughly frozen. Now one of the chief things, that I propos'd to my self in this attempt was, to try how far I could by congelation make discovery of anything about the Texture of Animals and Plants, that had not been taken notice of by the *Anatomists* themselves, and would scarce otherwise be render'd visible. [...] but in others I took a better and quicker course, for by warily compressing the frozen bodies, I could presently make the icy Corpuscles start in vast numbers out of their little holes, and though some of these were so minute to invite me to use a *Microscope* that magnifi'd a little, (not having any of my best at hand) [...] But if the Carret were slit from one end towards the other, the icy Corpuscles and pores would seem rang'd in an order, that would appear very differing, but which I have not now the leisure to describe, no more then what I observed about the pores of Apples, the Tongues of Animals, Chips of green and sappy wood, &c. expos'd to congelation [...]“ (*New experiments and observations touching cold* (1665: Boyle 1999–2000, 4.445–446)).

³²„I am not yet sure, that I have discovered with my *Microscope* any cavity, and therefore suspect there may be divers imperceptible ones, for the Hair is nourished and grows, which it is not like / it should not do if the Body were solid; and if there were but a single cavity in it, as in the lower part of a Quill, 'tis like the *Microscope* I used would have discovered it, since with one much inferior I could easily see, that several little short Hairs, that grow upon the Animal that yields Musk, had each of them a cavity in it like that of the lower part of a Quill“ (Boyle 1999–2000, 10.128). Vgl. auch die oben zitierte Bemerkung (vorige Fn.).

³³„As I have divers times with Pleasure observ'd, by the help of such a *Microscope*, as, though it do not very much Magnifie the Object, has in recompence this Great Conveniency, that you may easily, as fast as you please remove it from one part to another of a Large Object, of which the Glass taking a great part at once, you may thereby presently Survey the Whole. [...] with such a *Microscope* as I have been mentioning, the discovery is as well Pleasant as Satisfactory, and may afford Hints of the Solution of other *Phoenomena* of Colours“ (Boyle 1999–2000, 4.38–39).

³⁴„[...] Rain-water would, even after a Distillation or two, afford a Terrestrial substance [...] For I observ'd in this new Powder [...] that being put into an excellent *Microscope*, and plac'd where the Sun beams might fall upon it, it appear'd a White Meal, or heap of Corpuscles [...] For our Earth, even in the *Microscope*, appear'd to consist of as small Particles, as the finest Hair powder to the naked eye. Nor could we discern this Dust to be transparent, though, when the Sun shin'd upon it, it appear'd in the *Microscope* / to have some Particles a little glistening, which yet appearing but in a glaring light, we were not sure to be no *deceptio visus*“ (Boyle 1999–2000, 5.431).

Mikroskope zurückzuführen. Über die von ihm genutzten Instrumente schwieg er sich hingegen aus.³⁵

Allerdings erläuterte Power in einer beträchtlichen Anzahl von Fällen die Verwendung weiterer Beobachtungstechniken. Dies legt nahe, dass auch er seine Vorgehensweise speziell auf einzelne Objekte abstimmte: Das Entfernen einzelner Gliedmaßen von Insekten für weitere Untersuchungen wurde zum einen nicht bei allen untersuchten Arten erwähnt, und konzentrierte sich zum anderen bei verschiedenen Insekten auf verschiedene Körperteile.³⁶ Ferner wählte Power, wenn die abgetrennten Körperteile zur weiteren Untersuchung fixiert werden sollten, nach den jeweiligen Erfordernissen zwischen Nadeln, Terpentin oder Wachs, während in wieder anderen Fällen mithilfe von Nadelstichen Blut aus den Körpern der Insekten entnommen wurde.³⁷ Und in den Beobachtungen von Essigaalen wurde schließlich durch Verändern der Flüssigkeit auf wiederum gänzlich andere Weise auf die zu untersuchenden Lebewesen eingewirkt.³⁸ Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang aber, dass Power scheinbar ausschließlich für die Beobachtungen kleinerer Tiere spezielle Techniken entwickelte, andere Objekte aber weiterhin zum großen Teil ohne Einflussnahme auf dieselben betrachtet wurden.

Grundsätzlich verstand Power das mikroskopische Beobachten explizit als eine durch künstliche Hilfsmittel veränderte Wahrnehmung, und er betonte dementsprechend, dass diese Beobachtungen deswegen eine Neuerung zu bisherigen Untersuchungen darstellten.³⁹ Dies ging sogar über die rein optische Ebene hinaus: Die größere Menge an Details, die mit dem Mikroskop sichtbar wurden, bedeuteten für Power auch eine Beschleunigung der Forschung, so dass nun in einer Stunde mehr über Bienen zu erfahren sei, als man früher in fünfzig Jahren herausfinden konnte.⁴⁰ Und auch wenn Power einige seiner Vorgänger kritisiert hatte, so war er doch überzeugt davon, dass richtig angestellte Beobachtungen empirische Befunde darstellten, die von Vermutungen oder Spekulationen unabhängig wären.⁴¹

³⁵Über die vermeintliche Höhlung in Menschenhaaren und deren eckige äußere Form schrieb er: „[...] I could never perceive neither the one nor the other in any of the *Microscopes* I have seen, though I have tried it in four excellent ones, the worst whereof I am confident was better then that of Borrels [...]“ (Power 1664, 55). Und über die von Highmore behauptete Sichtbarkeit von magnetischen Effluvia spottete er: „But I am sure he had better Eyes, or else better Glasses, or both, then ever I saw, that performed so subtle an Experiment: For the best Glasses that ever I saw, would not represent to me, the evaporations of Camphire [...] nay, I could never see the grosser steams that continually perspire out of our own Bodies [...]“ (ebd. 57).

³⁶Power trennte bei Spinnen die Köpfe und Beine ab (Power 1664, 13–14), bei Skarabäen hingegen den Kopf und die Flügel (ebd. 30), bei Glühwürmern und Schnecken wiederum die Augen (ebd. 24, 37). Bei den Bienen trennte er Kopf und Augen ab und presste einen Tropfen Gift aus dem Stachel, was er nach einer Nebenbemerkung zufolge auch bei Wespen und Hummeln getan hatte (ebd. 3–4). Bei Heuschrecken wurden die Augen scheinbar nicht abgetrennt, sondern mittels eines Brennspiegels intensiver beleuchtet (ebd. 26).

³⁷Während beim Skarabäus der abgetrennte Kopf für die weitere Untersuchung mit Wachs fixiert wurde, wurden andere Insekten als ganzes mit Nadeln und Terpentin oder Spucke befestigt (Power 1664, 30, 31). Zu den Nadelstichen siehe die Beobachtungen von Fliege und Laus (ebd. 5, 9).

³⁸S.o. S. 107.

³⁹„yet certainly the Constitution of *Adam's* Organs was not divers from ours, nor diferent from those of his Fallen Self, so that he could never discern those distant, or minute objects by Natural Vision, as we do by Artificial advantages of the *Telescope* and *Microscope*“ (Power 1664, *Preface*).

⁴⁰„So that, by the favour of our *Microscope*, I have seen more in one hour then that famous Bee-master *Aristomachus* did in his fifty years contemplation of those Laborious Insects“ (Power 1664, 4). Gemeint ist Aristomachos von Soloi, ein Naturforscher des 3. Jh. v. Chr.

⁴¹„[...] however this I am sure of, That without some such Mechanical assistance, our best Philosophers will but prove empty Conjecturalists, and their profoundest Speculations herein, but glos'd outside Fallacies [...]“ (Power 1664, *Preface*). Später fuhr er mit Verweis auf die ähnlichen Ansichten bei Boyle fort: „But if a Writer endeavours,

Insgesamt fällt also auf, dass die Forscher von Peiresc bis einschließlich Power bei ihren Beobachtungen alle auf eine individuelle Weise vorgehen. Dennoch standen sich hierbei zwei grundsätzliche Einstellungen gegenüber: Ein Teil der Forscher verstand den Blick durch das Mikroskop als kontinuierliche Fortsetzung des natürlichen Sehens und gestaltete die Beobachtungen eher als ein Betrachten der Objekte mit nur minimalen Eingriffen. Der andere Teil betonte dagegen die Verschiedenheit von mikroskopischer und gewöhnlicher Wahrnehmung und entwickelte spezifische zusätzliche Beobachtungsmethoden, um die jeweiligen Objekte zu studieren. Dennoch wurden die Fähigkeiten der Beobachter als Variable für das Gelingen der Untersuchungen und Einfluss auf ihre Ergebnisse erst verspätet reflektiert.

Wenn man von den entsprechenden Stellungnahmen bei Bacon und Descartes absieht, wurden die Beobachtungen als verhältnismäßig sichere Quelle der Erkenntnis eingestuft. Dies fällt insbesondere bei Boyle und Power auf, in denen sich trotz eines erhöhten Bewusstseins für die Gefahr von Täuschungen in erster Linie positive Bemerkungen hinsichtlich der Erfahrung des Beobachtens finden.

Übereinstimmend mit dieser optimistischen und stark vereinfachenden Attitüde wurden scheinbar auch die verwendeten Mikroskope nicht als essentieller Teil der Beobachtungen verstanden, denn in den meisten Fällen wurde unabhängig vom grundsätzlichen Konzept der Mikroskopie entweder kaum Auskunft über sie gegeben, oder die Beschreibungen der Instrumente standen nur in einer sehr losen, lückenhaften Verbindung zu den Beobachtungen selbst. Zugleich wurden die Beobachtungen in den meisten Fällen auf ihre Ergebnisse reduziert, während der Prozess der Untersuchung nur in Nebenbemerkungen in die Texte einging und scheinbar auch erst verspätet reflektiert wurde. Methodologische Bemerkungen lassen sich in den Beobachtungen kaum finden, lediglich Odierna verband seinen Aufruf zur Wiederholung und Fortführung seiner Untersuchungen direkt mit ausführlichen technischen Details. Stattdessen begann sich mit Kircher eine *Rhetorik der Reproduzierbarkeit* zu etablieren, mittels derer die Autorität der Beobachtungen durch Verweis auf ihre Überprüfbarkeit gestärkt wurde, während die hierfür notwendigen Informationen letztlich fehlten.

4.2 Zunehmende Vereinnahmung durch individuelle Techniken

4.2.1 Programmatik und Eigendynamik

Robert Hooke unterschied sich in seiner Herangehensweise schon deswegen auf signifikante Weise von seinen Vorgängern, weil er erstmals das mikroskopische Beobachten in einen weiter gefassten methodischen Zusammenhang einzubinden versuchte. Im posthum veröffentlichten Teil seines *General Scheme*, mit dem er eine universelle Forschungsmethode konzipieren wollte, wurde das Mikroskop zunächst als Erweiterung der Sinne charakterisiert, die es überhaupt erst ermöglichte, bestimmte Gegenstände gründlich zu erforschen, weil nur mit ihm kleinste Bewegungen erkennbar würden.⁴² Generell standen mikroskopische Beobachtungen somit als Stufe zwischen den einfachen Beobachtungen, mit denen wie

by delivering new and real Observations or Experiments, to credit his Opinions, the Case us much otherways; for, let his Opinions be never so false (his Experiments being true) I am not oblig'd to believe the former, and am left at my liberty to benefit my self by the latter [...]" (ebd.).

⁴² „The Eye may be various ways assisted for the Discovery of the Motion and Velocity of Bodies [...] The Telescope also and the Microscope may much assist the Eye in this Inquiry [...] The Microscope also can make the Motion of the Legs of Mites, and many other small Creatures sensible, as also the Motion of the Hand of a Watch, and perhaps

bei Descartes die Forschung beginnen sollte, und denjenigen Experimenten, mit denen die Natur gezwungen werde, ihre Geheimnisse preiszugeben, und die ähnlich wie bei Bacon als bestes Mittel der Forschung zu gelten hätten.⁴³

Als konkrete Vorgehensweise schlug Hooke vor, von einer einzelnen mikroskopischen Beobachtung, die sich mit einer spezifischen Eigenschaft eines Körpers beschäftigte, zu weiteren Untersuchungen an ähnlichen Körpern fortzuschreiten, so wie er es bei seinen Beobachtungen zu Kork, Holzkohle und weiteren Pflanzenstrukturen getan hatte. Schließlich sollte auf diesem Weg zu allgemeinen Schlussfolgerungen über die Qualitäten von Stoffen gelangt werden, indem man die Sinneseindrücke auf abstrakte Prinzipien zurückführte.⁴⁴ Mikroskopische Beobachtungen waren also stärker als bei den bisherigen Forschern in ein allgemeines Forschungsprogramm eingebunden und wurden als ein Aspekt einer methodisch vorgehenden Forschung mit naturphilosophischer Ausrichtung verstanden. Darüber hinaus betonte Hooke aber auch, dass sowohl seine Schlussfolgerungen als auch die mikroskopischen Beobachtungen selbst nicht von vorneherein als sichere Erkenntnisse angesehen werden sollten. Vielmehr seien Widersprüche mit anderen Beobachtungen wahrscheinlich und diese nur aufzulösen, wenn die Beobachtungen mit Nüchternheit und Unvoreingenommenheit vorgenommen werden würden.⁴⁵

Auch in Bezug auf seine Charakterisierung des mikroskopischen Sehens unterschied sich Hooke von seinen Vorgängern: Mit seinem Begriff der „künstlichen Organe“ betonte er in der *Micrographia* auf paradoxe Weise gleichermaßen den vertrauten und fremden Teil beim Blicken durch Mikroskop oder Teleskop. Passend hierzu verstand Hooke die Leistung der optischen Instrumente nicht nur als Neuheit, sondern auch als eine Restauration der menschlichen Sinne, die durch Verfall seit der Schöpfung vermindert worden wären; eine Idee, die auch in engem Zusammenhang mit der politischen Entwicklung in England zu verstehen ist.⁴⁶

Microscopes may be made so accurate, as to discover the vegetating Motion of Plants [...] and of corrosive and corroding Liquors, and the like [...]“ (Hooke 1705, 15–16).

⁴³„Such Experiments therefore, wherein Nature is as ’twere put to Shifts an forc’d to confess, either directly or indirectly the Truth of what we inquire, are best if they could be met with: But these being hard to find at the beginning, it will be best to be first a little acquainted with the Method of Nature, in her most evident Manifestations of her self, to follow her meerly upon the Light of common Observations and Experiments, such as are very obvious upon that Subject [...] for by his means we may be able to guess where she begins to make a Deflexion out of her common Road; which way her Paths lie, at least whereabouts we lost her, and were able to follow her no longer with our bare Senses: And here we ought to make use of the Helps of our Senses, of Microscopes and Telescopes [...]“ (Hooke 1705, 34). Vgl. die entsprechende Stelle in der *Micrographia* (Hooke 1665, 186).

⁴⁴„And though indeed the Multitude of Queries that may be made upon every Subject, may seem to make this Work infinite and impossible to be compleated, yet if Men would only prosecute thoroughly [...] such kind of Inquiries in order to the Discoveries of the Proprieties of some Bodies, or for finding out the nature of some general Qualities“ (Hooke 1705, 28). Es folgte im direkten Anschluss einer Zusammenfassung der besagten Beobachtungen aus der *Micrographia*. Zur anschließenden Reduktion siehe ebd. (36–38).

⁴⁵„If therefore the Reader expects from me any infallible Deductions, or certainty of *Axioms*, I am to say for my self, that those stronger Works of Wit and Imagination are above my weak Abilities [...] Wherever he finds that I have ventur’d at any small Conjectures, at the causes of the things that I have observed, I beseech him to look upon them only as *doubtful Problems*, and *uncertain* gheses [...] I desire him, not absolutely to rely upon these Observations of my eyes, if he finds them contradicted by the future Ocular Experiments of sober and impartial Discoverers“ (Hooke 1665, *Preface*).

⁴⁶„By the addition of such *artificial Instruments* and *methods*, there may be, in some manner, a reparation made for the mischiefs, and imperfection, mankind has drawn upon it self, by negligence, and intemperance, and a wilful and superstitious deserting the Precripts and Rules of Nature, whereby every man, both from a deriv’d corruption, innate and born with him, and from his breeding and converse with men, is very subject to flip into all sorts of errors. [...] As for the actions of our Senses, we cannot but observe them to be in many particulars much outdone

Hinsichtlich der technischen Aspekte seiner Untersuchungen äußerte sich Hooke ebenfalls um einiges ausführlicher: Zunächst stellte er seinen Beobachtungen allgemeine Erläuterungen voran, in denen er die enge Verbindung verschiedener Punkte betonte, die für die Arbeit mit dem Mikroskop von Relevanz waren: Die Beleuchtung erläuterte er zunächst als notwendigen Ausgleich für die geringe Qualität der verfügbaren Linsen, mit denen Teleskop und Mikroskop derzeit eine Vergrößerung um etwa eine Million erreichen würden, wobei auch hier wieder davon auszugehen ist, dass sich dieser Wert auf das Volumen der Objekte bezog. Zur Verbesserung der Bildqualität beschrieb er dann sowohl Wege zu einer Verstärkung des Lichtes als auch eine Plattform mit Greifarmen, die eine flexiblere Positionierung von Instrument und Objekt in Bezug auf die Lichtquelle ermöglichen sollten.⁴⁷ Nachdem er sich einigen grundsätzlichen Fragen des Instrumentenbaus gewidmet hatte, erklärte Hooke anschließend, dass die Vergrößerungsleistung eines Mikroskops messbar wäre, indem man mit je einem Auge auf das vergrößerte Objekt und einen neben dem Instrument liegenden Maßstab blicke und die so gemessene Größe des Objektes mit seiner tatsächlichen Ausdehnung vergleiche. In der folgenden Beurteilung verschiedener Instrumententypen äußerte er jedoch, wie Boyle zuvor, eine Präferenz für die mittlere Vergrößerung eines zusammengesetzten Mikroskops mit zwei oder auch drei Linsen anstelle der starken Vergrößerung, die durch ein einfaches Mikroskop mit einer winzigen Glaskugel als Linse zu erreichen wäre.⁴⁸

by those of other Creatures, and when at best, to be far short of the perfection they seem capable of [...] The next to be taken care of, in respect to the Senses, is a supplying of their infirmities with *Instruments*, and, as it were, the adding of *artificial Organs* to the natural; this in one of them has been of late years accomplit with the prodigious benefit to all sorts of useful knowledge, by the invention of Optical Glasses. [...] The truth is, the Science of Nature has been already too long made only a work of the *Brain* and the *Fancy*: It is now high time that it should return to the plainness and soundness of *Observations on material and obvious* things. It is said of great Empires, That *the best way to preserve them from decay, is to bring them back to the first Principles, and Arts, on which they did begin*“ (Hooke 1665, *Preface*; s.a. 211).

⁴⁷„The Glasses I used were of our English make, but though very good of the kind, yet far short of what might be expected, could we once find a way of making Glasses Elliptical, or of some more true shape; for though both *Microscopes*, and *Telescopes*, as they now are, will magnifie an Object about a thousand thousand times bigger then it appears to the naked eye; yet the Apertures of the Object-glasses are so very small, that very few Rays are admitted, and even of those few there are so many false, that the Object appears dark and indistinct [...] Against which Inconveniencies the only Remedies I have hitherto met with are these. First, for *Microscopes* (where the Object we view is near and within our power) the best way of making it appear bright in the Glass, is to cast a great quantity of light on it by means of convex glasses, for thereby, though the aperture be very small, yet there will throng in through it such multitudes, that an Object will by this means indure to be magnifi'd as much again as it would be without it“ (Hooke 1665, *Preface*). Es folgen detaillierte Ausführungen zur Einrichtung der richtigen Beleuchtung, zu denen auch die Beschreibung und graphische Darstellung der Plattform gehören. Den besten Weg zu einer wirklichen Verbesserung der Beobachtungsmittel sah Hooke allerdings in der Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung elliptischer Gläser (ebd.).

⁴⁸„My way for measuring how much a Glass magnifies an Object, plac'd at a convenient distance from my eye, is this. Having rectifi'd the *Microscope*, to see the desir'd Object through it very distinctly, at the same time that I look upon the Object through the Glass with one eye, I look upon other Objects at the same distance with my other bare eye; by which means I am able, by the help of a *Ruler* divided into inches and small parts, and laid on the *Pedestal* of the *Microscope*, to cast, as it were, the magnifi'd appearance of the Object upon the Ruler, and thereby exactly to measure the Diameter it appears of through the Glass, which being compar'd with the Diameter it appears of to the naked eye, will easily afford the quantity of its magnifying. The *Microscope*, which for the most part I made use of, was shap'd much like that in the sixth Figure of the first *Scheme* [...] this was contriv'd with three Glasses [...] But when ever I had occasion to examine the small parts of a Body more accurately, I took out the middle Glass, and only made use of one Eye Glass with the Object Glass, for always the fewer the Refractions are, the more bright and clear the Object appears. And therefore 'tis not to be doubted, but could we make a *Microscope* to have one only refraction, it would, *caeteris paribus*, far excel any other that had a greater number. [...] it will both magnifie and make some Objects more distinct then any of the great Microscopes. But because these, though

Schließlich kehrte Hooke zur Frage der Beleuchtung beziehungsweise günstigsten Einrichtung von Instrument und Objekt zurück und gab durch Beschreibung seines eigenen Vorgehens indirekt den Ratschlag, jedes Objekt aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten, um Täuschungen zu vermeiden.⁴⁹ Durch die Breite der Angaben und die Erläuterung von Verfahrensweisen statt der bloßen Beschreibung der verwendeten Instrumente gab er also dem Leser nicht nur Informationen, um die Beobachtungen in der *Micrographia* zu reproduzieren, sondern auch, um weitere Untersuchungen, welche interessierte Leser vielleicht anstellen mochten, ihrerseits vergleichbar und reproduzierbar zu machen.

Im Kontrast zu seinen programmatischen Ideen wird allerdings aus den einzelnen in den Beobachtungen beschriebenen Techniken deutlich, dass Hooke seine Vorgehensweise an spezifischen Problemen entlang entwickelte, die sich in Hinblick auf die jeweils untersuchten Objekte stellten. Wenn es darum ging, die Strukturen von festen, eher homogenen Stoffen zu untersuchen, bediente er sich zumeist verschiedener Schnitte, wie besonders in den Beobachtungen von Kork, Borsten der Waldtresse, Haaren und Federn deutlich wird. Bei der Untersuchung eines Pilzes erwies es sich hingegen aufgrund der besonderen Struktur als günstiger das Material zu zerreißen, da so auch einzelne Fasern erkennbar wurden.⁵⁰ Bei einigen tierischen Lebensformen wurde wiederum anders vorgegangen: Sowohl bei Schwämmen als auch Knochen war der innere Stoff, das heißt Gewebe beziehungsweise Mark, relativ einfach zu entfernen, um den Blick auf die umliegenden Strukturen freizulegen. Eine Fischhaut wurde hingegen abgezogen, ausgebreitet und getrocknet. In anderen Fällen, so bekannte Hooke offen, fehlten entsprechende Verfahren zur Trennung der verschiedenen organischen Stoffe aber noch.⁵¹

exceeding easily made, are yet very troublesome to be us'd, because of their smallness, and the nearness of the Object [...]“ (Hooke 1665, *Preface*).

⁴⁹„I indeavoured (as far as I was able) first to discover the true appearance, and next to make a plain representation of it. This I mention the rather, because of these kind of Objects there is much more difficulty to discover the true shape, then of those visible to the naked eye, the same Object seeming quite differing, in one position to the Light, from what it really is, and may be discover'd in another. And therefore I never began to make any draught before by many examinations in several lights, and in several positions to those lights, I had discover'd the true form. For it is exceeding difficult in some Objects, to distinguish between a *prominency* and a *depression*, between a *shadow* and a *black stain*, or a *reflection* and a *whiteness in the colour*. Besides, the transparency of most Objects renders them yet much more difficult then if they were opacous“ (Hooke 1665, *Preface*; s.a. 157).

⁵⁰So heißt es bspw. in der Beobachtung von Kork: „To proceed then, Cork seems to be by the transverse constitution of the pores, a kind of *Fungus* or Mushroom, for the pores lie like so many Rays tending from the center, or pith of the tree, outwards; so that if you cut off a piece from a board of Cork transversly, to the flat of it, you will, as it were, split the pores, and they will appear just as they are express'd in the Figure B of the XI. *Scheme*. But if you shave off a very thin piece from this board, parallel to the plain of it, you will cut all the pores transversly, and they will appear almost as they are express'd in the Figure A, save onely the solid *Interstitia* will not appear so thick as they are there represented“ (Hooke 1665, 115). Ähnliche Beschreibungen finden sich auch in den Beobachtungen der anderen genannten Objekte (ebd. 148, 157, 166). Über die Untersuchung eines Pilzes schrieb Hooke hingegen: „The texture of this Touch-wood seems more like that of a Lock or a Fleece of Wool, for it consists of an infinite number of small *filaments*, [...] and I could not so plainly perceive their joints, or their manner of interweaving, though, as farr as I was able to discern with that *Microscope* I had [...] By tearing off a small piece of it, and looking on the ragged edge, I could among several of those *fibres* perceive small joints, that is, one of those hairs split into two, each of the same bigness with the other out of which they seem'd to grow, but having not lately had an opportunity of examining their manner of growth, I cannot positively affirm any thing of them“ (ebd. 139).

⁵¹„It were indeed extremely desirable, if such a way could be found whereby the *Parenchyma* or flesh of the Muscles, and several other parts of the body, might be wash'd, or wafed clean away, without vitiating the form of the *fibrous* parts or vessells of it, for hereby the texture of those parts, by the help of a good *Microscope*, might be most accurately found“ (Hooke 1665, 161); s.a. ebd. (138, 161–162, 184, 199).

Hookes gesteigertes Maß an Reflexion hinsichtlich seines Vorgehens und seiner technischen Mittel zeigte sich auch darin, dass er sich der Auswirkungen bewusst war, welche ebendiese auf die Objekte haben konnten. Infolgedessen stellte er angesichts des Blickes durch den transparenten Körper einer Mücke fest, dass sich das eigentliche Potential mikroskopischer Beobachtungen vor allem dann zeige, wenn der Lauf der Natur ohne äußere Störungen oder Eingriffe durch den Beobachter betrachtet werden könne.⁵² Dementsprechend versuchte er in den Fällen, in denen er es als notwendig ansah, Insekten für die Beobachtungen zu fixieren oder zu töten, dies zu bewerkstelligen, ohne dabei die Körper der Tiere zu beschädigen. Als ihm dies bei Ameisen mit Leim und Wachs nicht gelingen wollte, ging er dazu über, den Tieren Weingeist einzuflößen. Hierdurch wurde der gewünschte Effekt der Bewegungslosigkeit erzielt, und die äußere Form der Ameisen konnte wie beabsichtigt genau erfasst werden. Darüber hinaus bemerkte Hooke aber, dass die Ameisen, nach einer kurzen Weile wieder begannen, sich zu bewegen, und setzte sie dementsprechend über schrittweise erhöhte Zeitspannen dem Alkohol aus. Diese eher umstandshalber gewählte Methode erweiterte die Beobachtungen um einen neuen Gesichtspunkt, denn nun wurde parallel auch die Fähigkeit der Ameisen, zu überleben, untersucht; ein Vorgehen, das auch auf die zeitgleich stattfindenden Beobachtungen an kleinen Fliegen übertragen wurde.⁵³

Für Untersuchungen zu den Bewegungen und Verhaltensweisen von Insekten war es in entgegengesetzter Weise notwendig, Maßnahmen zu ergreifen, welche die Tiere zugleich zur Beobachtung verfügbar und am Leben erhalten würden. Während Mücken hierzu einfach in einem Glas mit Wasser gehalten wurden, bis die Zeit ihrer Metamorphose gekommen war, bewahrte Hooke mehrere Läuse in einer Schachtel auf und fütterte sie einige Tage lang mit seinem eigenen Blut. Auf diese Weise konnte er auch die Art und Weise beobachten, in der sie ihre Nahrung aufsaugten, was er schließlich in ähnlicher Weise auch bei Mücken und Flöhen tat.⁵⁴ In einem anderen Fall bildete das Aufbewahren eines Insekts sogar den Ausgangspunkt für eine unbeabsichtigte Verlagerung der Beobachtungen: Als Hooke einen Falter wegen seiner Farben untersuchen wollte und dazu in einer Schachtel einschloss, gelangte er auf diese Weise zufällig an die Eier dieses Insekts. In den nächsten Monaten führte er dann weitere Untersuchungen an Insekteneiern durch, die Frage nach den Farben dieser

⁵²„[...] to shew of how great benefit the use of a *Microscope* may be for the discovery of Nature's course in the operations perform'd in Animal bodies [...] according to her usual course and way, undisturbed, whereas, when we endeavour to pry into her secrets by breaking open the doors upon her, we find her indeed at work, but put into such disorder by the violence offer'd, as it may easily be imagin'd, how differing a thing we should find, if we could, as we can with a *Microscope*, in these smaller creatures quietly peep in at the windows, without frightening her of of her usual bias“ (Hooke 1665, 186).

⁵³„Having insnar'd several of these into a small Box, I made choice of the tallest grown among them, and separating it from the rest, I gave it a Gill of Brandy, or Spirit of Wine, which after a while e'en knock'd him down dead drunk, so that he became moveless, though at first putting in he struggled for a pretty while very much, till at last, certain bubbles issuing out of its mouth, it ceased to move; this (because I had before found them quickly to recover again, if they were taken out presently) I suffered to lye above an hour in the Spirit; and after I had taken it out, and put its body and legs into a natural posture, remained moveless about an hour; but then, upon a sudden, as if it had been awaken out of a drunken sleep, it suddenly reviv'd and ran away; being caught, and serv'd as before, he for a while continued struggling and striving, till at last there issued several bubbles out of its mouth, and then, *tanquam animam exprisset*, he remained moveless for a good while; but at length again recovering, it was again redipt, and suffered to lye some hours in the Spirit; notwithstanding which, after it had layen dry some three or four hours, it again recovered life and motion [...]“ (Hooke 1665, 204). Zu den kleinen Fliegen hatte Hooke bereits vorher ein ähnliches Vorgehen beschrieben, in diesem Fall jedoch die Überprüfung der Strapazierfähigkeit dieser Insekten in den Vordergrund gestellt (ebd. 185). Die Sitzungsprotokolle der Royal Society deuten an, dass die Ameisen zuerst untersucht wurden (Birch (1756–1757, 1.243); Harwood (1988, 124)).

⁵⁴Hooke (1665, 187–188, 195, 211, 212).

Tiere spielte hingegen in der *Micrographia* letztlich keine Rolle mehr.⁵⁵ Wiederum hatte also eine Begleiterscheinung des Vorgehens bei einer Beobachtung zu einer Verschiebung des thematischen Schwerpunktes geführt.

Dass Hooke derartige Entwicklungen mit in seine Schilderungen aufnahm, zeigt klar, dass er Beobachtungen nicht nur als die Ergebnisse seiner Bemühungen verstand, sondern auch den Prozess des Forschens selbst dazu zählte. Dies beinhaltete sowohl die Wahl und Ausrichtung von einzelnen Techniken in Bezug auf die Erfordernisse der jeweiligen Objekte als auch das Nachvollziehen unerwarteter Wendungen in seinen Untersuchungen. Zudem versuchte Hooke seine Beobachtungen in einen größeren programmatischen Kontext einzubinden, was sicherlich auch mit dazu beigetragen hat, dass er sich nicht nur reflexiv sondern auch deutlich detaillierter als alle anderen Forscher zu seinem Instrumentarium äußerte. Sicherlich verfolgten die technischen Ausführungen weiterhin auch ein rhetorisches Ziel. Dass sie sich im Gegensatz zu denen Kirchers aber nicht darin erschöpften, nur Überprüfbarkeit zu suggerieren, zeigt sich darin, dass sie den Leser selbst dazu ermutigten, zukünftige Beobachtungen in reproduzierbarer Weise durchzuführen.

4.2.2 Entwicklungen und Widersprüche

Während sich die Tendenz zur Entwicklung von fallspezifischen Beobachtungstechniken auch nach Hooke fortsetzte, blieb es weiterhin eher eine Ausnahme, dass Beobachtungen mit genauen Angaben zu den verwendeten Mikroskopen verbunden wurden. So finden sich in den Schriften Malpighis diesbezüglich wiederum nur sporadische und wenig detaillierte Ausführungen. Lediglich in *De pulmonibus* wurde kurz erklärt, dass die verzweigten Blutgefäße bei richtiger Beleuchtung sowohl mit einem einfachen als auch mit einem zusammengesetzten Mikroskop beobachtet werden könnten.⁵⁶ In seinen späteren Schriften verzichtete Malpighi dann aber vollständig auf derartige Bemerkungen und nur durch seine Korrespondenz ist heute bekannt, dass er seine Mikroskope von Instrumentenbauern wie Eustachio Divini bezog und nicht, wie etwa Hooke, selber gebaut hatte.⁵⁷

Erst in seiner *Vita*, die als Teil seiner posthumen Schriften veröffentlicht wurde, ging Malpighi wieder auf die Frage der verwendeten Instrumente ein, beschränkte sich dabei

⁵⁵„[...] chancing the last Summer to inclose a very large and curiously painted Butterfly in a Box, intending to examine its gaudery with my Microscope, I found within a day or two after I inclos'd her, almost all the inner surface of the Box cover'd over with an infinite of exactly round Eggs, which were stuck very fast to the sides of it [...]“ (Hooke 1665, 182). Zeitlich ist diese Beobachtung vermutlich zwischen den Insektenbeobachtungen im Mai 1663 und den Beobachtungen an Eiern des Seidenspinners im November einzuordnen, in deren Zusammenhang die zitierte Begebenheit erwähnt wurde (vgl. Harwood 1988, 124–125). Mit Farben beschäftigten sich stattdessen die Beobachtungen an verschiedenen Vogelfedern (Hooke 1665, 167–169), die mit den Flügeln der Insekten wiederum nur hinsichtlich einer ganz anderen Frage in Zusammenhang gebracht wurden, nämlich in Bezug auf ihre Flugfähigkeit (ebd. 197–198).

⁵⁶„Ut autem proposita facilius obtinere possis, & visu assequi, sectae ranae emergentem, turgidumque pulmonem, dum copioso undique alluitur sanguine, silo qua jungitur cordi neces, etenim hic exsiccatus servabit vasa sanguine turgentia, quae tunc optimè videbis sic contra horizontalem solem exposita pulicari unius lentis perscruteris microscopio, vel aliam instituere poteris in his videndis methodum, supra laminam crystallinam pulmonem pones subtus lucernae luminæ per tubum illustratam, huic microscopium duarum lentium admovebis, & ità annulatim propagata vasa tibi aperientur, eadem dispositione instrumentorum, & luminis motum sanguinis per tacta vasa observabis [...]“ (Malpighi 1687, 2.329).

⁵⁷Zu den spärlichen Informationen über die verwendeten Instrumenten in Malpighis anderen Schriften siehe Adelman (1966, 2.829–831) und Bennet (1997, 64, 66–67, 70). Lediglich der Aspekt der Vergrößerung wurde zuweilen auf allgemeine Weise erwähnt, ohne dabei jedoch genauere Angaben zu machen (Malpighi 1687, I. *Praefatio*; 2.13, 80, 321).

aber auf einige wenige Fälle, bezüglich deren ihm Kritik von Seiten anderer Forschern bekannt geworden war. In diesem Zusammenhang schilderte er erstens, dass er in den Untersuchungen zu den Drüsen verschiedener Organe ebenfalls beide Typen von Mikroskopen benutzt hatte, jedoch nicht mehr als Alternativen, sondern als Ergänzung zueinander: Zuerst wurden die Objekte mit einem einfachen Mikroskop untersucht, das im Gegensatz zu den bei Hooke beschriebenen Instrumenten bemerkenswerterweise über eine *geringe* Vergrößerungsleistung verfügte. Anschließend wurde dann ein stärker vergrößerndes Mikroskop mit zwei Linsen benutzt.⁵⁸ Zweitens stellte Malpighi, ähnlich wie zuvor Boyle, in Bezug auf seine Beobachtungen an Pflanzengallen fest, dass die Arbeit mit geringer Vergrößerung den Vorteil eines größeren Sichtfeldes mit sich bringe.⁵⁹ Malpighi legte also scheinbar nach den Erfordernissen der jeweiligen Beobachtungen fest, welches Instrument zu verwenden sei, sah aber keine Notwendigkeit dazu, dies für alle Beobachtungen in seinen Schriften eigens zu vermerken, auch wenn er offensichtlich über die Jahre seine Einstellung zu den verschiedenen Instrumententypen geändert und eine darauf basierende Vorgehensweise entwickelt hatte. Ferner schien er dem ungeachtet davon auszugehen, dass seine Beobachtungen trotz der spärlichen Ausführungen ohne Probleme reproduziert werden könnten.⁶⁰

Das fast grundsätzliche Fehlen von Informationen zu Malpighis Mikroskopen und deren Einrichtung ist auch insofern auffällig, als andere technische Faktoren der Beobachtungen, die nicht in direktem Zusammenhang mit optischen Fragen standen, sehr wohl erläutert wurden. Hierbei lässt sich erkennen, dass auch Malpighi seine Vorgehensweise am jeweiligen Objekt entwickelte: Die Lungen von Säugetieren wurden 1661 für die Beobachtungen zunächst ausgespült, aufgeblasen und getrocknet, und mit dem Messer sowohl geschnitten als auch geschabt. Dann stellte Malpighi jedoch fest, dass ihre Hülsenstruktur besser erkennbar wurde, wenn er sie vor den Untersuchungen kochte, was er schließlich auch dem Leser als Vorgehensweise empfahl. Um die Blutgefäße sichtbar zu machen, erwiesen sich hingegen Injektionen mit farbigen Flüssigkeiten oder Quecksilber als besonders geeignet. Im zweiten Teil der Schrift, in der sich die Beobachtungen auf die Lungen von Fröschen und Schildkröten verlagerten, waren weniger komplizierte Mittel ausreichend, denn bei diesen Tieren mussten die Organe lediglich getrocknet und auf einer Glasplatte ausgebreitet werden.⁶¹ Für seine in den nächsten Jahren folgenden Studien an Gehirnen und Zungen griff Malpighi zu-

⁵⁸ „Si autem debita methodo microscopiis utamur, nulla profectò succedit deceptio: Primò enim explorandae sunt microscopio unius lentis minus acutae, quae amplior moles attingitur, & continuitas, & discesso distinguuntur, deinde usurpanda est acutior, atque auctior redditur minima moles; haec autem sensim mota objecti partes oculis certò exhibet continuitatas, vel solutas, ea scilicet ratione qua motis pedetentim oculis literas legendo attingimus, vel latum objectum variato solùm situ, & continuato intuitu lustramus“ (Malpighi 1697, *Vita*, 31). Ausgangspunkt für diesen Kommentar war die Kritik seitens Theodor Kerckrings (Adelmann 1966, 1.369–370). Man beachte den Unterschied zu Hooke, der (ähnlich wie später Leeuwenhoek) die stärkste Vergrößerung mit einem einfachen Mikroskop erreichte.

⁵⁹ „[...] non solum ovum, verùm cicatricem perpetuò vidi, non acutissimo microscopio, sed simplicissimo, unico tantum vitro instructo, quod licet non valde augeat objectum, plurimum tamen spatii lustrat“ (Malpighi 1697, *Vita*, 79). Ausgangspunkt hierfür war die Bemerkung Filippo Buonannis, er könne selbst mit seinem besten Mikroskop keine Insekteneier in den Pflanzengallen finden (Adelmann 1966, 1.393, 636).

⁶⁰ Dies geht zum einen daraus hervor, dass Malpighi seine Ausführungen des öfteren in der zweiten Person, also gewissermaßen als Anleitung formulierte, bspw. in *De pulmonibus*, aber auch in anderen Schriften (Malpighi 1687, 2.115–116, 169, 201, 254, 281–282, 322). Es wird aber besonders deutlich in einer Bemerkung hinsichtlich der Beobachtungen zum Tastsinn: „[...] microscopio etenim quilibet in manus dorso pro sudore orificia quaedam miro ordine dispersa intueri potest [...]“ (Malpighi 1687, 2.204).

⁶¹ Malpighi (1687, 2.321–323, 329). Im Zusammenhang mit den Beobachtungen für *De viscerum structura* untersuchte Malpighi wiederum gekochte Lungen (ebd. 2.301).

nächst weiterhin auf diese Mittel zurück, erst für die Untersuchung des Tastsinns suchte er schließlich nach Verfahren, die es ihm erlauben sollten, die einzelnen Schichten der Haut voneinander zu trennen. Nachdem er bei den Füßen und Hufen verschiedener Tiere zumindest teilweise Erfolg dadurch gehabt hatte, dass er die äußere Haut nach dem Kochen abzog beziehungsweise das ganze Glied zerriss, bemerkte er, dass dies beim feinerem Gewebe einer Rinderzunge zu Beschädigungen der Strukturen führte. Infolgedessen versuchte er in der letzten Phase dieser Untersuchungen, während der er seinen eigenen Finger unter das Mikroskop legte, die Ablösung der äußeren Hautschicht dadurch zu erleichtern, dass er ein glühendes Stück Eisen an sie heran bewegte.⁶²

Bei seinen Beobachtungen der Fetthaut stieß Malpighi Vorgehensweise dann erstmals auf größere Probleme: Zwar war unter dem Mikroskop eine netzförmige Gefäßstruktur zu erkennen, über die Funktion des Gewebes ließ sich aber auf dieser Grundlage noch nichts aussagen. Ausgehend von der Frage, ob es sich bei dieser Struktur um eine Fortsetzung der angrenzenden Milzgefäße handeln könnte, ging Malpighi also dazu über, im Zuge von Vivisektionen an Hunden diese Gefäße abzuklammern, was jedoch ebenfalls zu keinem schlüssigen Ergebnis führte.⁶³ Trotzdem wurde das Abbinden dann bei den Beobachtungen der inneren Organe, die schließlich als *De viscerum structura* publiziert wurden, in verschiedenen Kombinationen mit den bereits erfolgreich erprobten Techniken eingesetzt, um Gehirn, Leber, Niere und Milz zu untersuchen.⁶⁴ Die Untersuchungen an Herzpolypen stellten hingegen einen deutlichen Kontrast beziehungsweise eine Abwendung zur bisherigen Vorgehensweise dar: Da sich Malpighi hier eher für die stoffliche Zusammensetzung als die Strukturen interessierte, wurde das Vermischen von Stoffen und die Beobachtung der daraufhin eintretenden Veränderungen zum wichtigsten Teil der Beobachtungen. Die mikroskopische Ebene wurde dabei aber scheinbar nur zum Teil berücksichtigt.⁶⁵

In *De Bombyce* führte Malpighi dann aus, wie es schließlich zu einem Konflikt zwischen mikroskopischen und makroskopischen Beobachtungen gekommen war: Während eine Verbindung aus optischer Vergrößerung und Einfärben nahegelegt hatte, dass das Gewebe um das Herz des Seidenspinners herum ein Parenchym sei, hatte ein Erhitzen des Stoffes eher auf eine Fetthaut hingedeutet.⁶⁶ Vermutlich aufgrund dieser Unklarheiten und Wider-

⁶²Malpighi (1687, 2.114–116, 120–121, 165–167, 201, 203).

⁶³„At quoniam saepius dubitavi, an omnes reticulæ propagines, quæ in area Omenti canini observantur, constituerentur a vasis sanguineis, an verò è lateribus sacculorum, sicuti in Cervo observavi, emergerent hæc adiposa corpora, quæ in rete implicita mutuam anastomosin cum venis efficerent, ideo ut exploratum haberem, ligaturas in ramo splenico in canibus, & cuniculus adhuc viventibus effeci, quibus impeditus sanguis stagnaret in venis minoribus, & facta turgentia rubedine solas venas, & arterias nobis indicaret, nec tamen res ex voto successit, nam conspicua tantum vasa, & quaedam sanguinea stigmata inordinatè situata emersere, caeteris minimis oblitteratis, ita ut haesitandum adhuc mihi sit, an omnes Omenti propagines reticulares sint propagines sanguineorum vasorum“ (Malpighi 1687, 2.230).

⁶⁴So wurden Rinderlebern eingeweicht, Menschenlebern hingegen gekocht und abgeschabt und Schlangenlebern abgeklammert (Malpighi 1687, 2.254, 309). Gehirne von Säugetieren wurden gekocht, um sie zu verfestigen (ebd. 2.270), während Nieren scheinbar zunächst eingefärbt wurden, bevor auch hier eingeweicht und die Gefäße abgebunden wurden (ebd. 2.280, 281–283, 285). Bei den Milzen wurden schließlich sechs verschiedene Kombinationen von Techniken angewandt (ebd. 2.292, 294, 297, 298, 304–305).

⁶⁵Der Stoff der Polypen wurde zwar durch Erhitzen und Verdünnen zum Teil verflüssigt und mit dem Mikroskop untersucht, bei der versuchsweisen Vermischung mit anderen Stoffen wurde letzteres hingegen scheinbar nicht herangezogen (ebd. 2.314, 317–319).

⁶⁶„Diu dubitavi, an cava essent, aliquòque referta succo, cùm vasorum diramationem ruditer aemulentur; in *Locusta* tamen ipsorum configurationem primo nactus sum; in hac etenim latiora hæc corpora B rotundis parùmque depressis corporibus D compaginatur; quod deinde in *Bombycum* frustulis, affuso atramento, collegi. Quare ex

sprüche verzichtete Malpighi dann in seinen ersten Untersuchungen an Hühnereiern sowie dem ersten Teil der *Anatome plantarum* zunächst auf ähnliche Verfahren. In beiden Schriften wurden vielmehr seine mikro-anatomischen Techniken erneut erweitert beziehungsweise an die jeweiligen Situationen angepasst: So wurde in *De formatione pulli in ovo* zunächst nur beschrieben, wie die Hülle des Eigelbes über einer Glasplatte ausgebreitet wurde, um ihre Struktur studieren zu können.⁶⁷ Erst als er diese Beobachtungen ausgehend von einer weiteren Verfeinerung dieser Technik wiederholte, ging Malpighi dazu über, die Bestandteile des Eies auch in stofflicher Hinsicht zu untersuchen, indem er sie getrennt voneinander erhitzte. Zugleich bewertete er in der Einleitung dieser Schrift den Nutzen optischer Vergrößerung als eher gering.⁶⁸ In ähnlicher Weise stützten sich seine Pflanzenbeobachtungen zuerst ausschließlich auf Techniken, die als Verfeinerungen der Vorgehensweisen angesehen werden können, die er während seiner Untersuchungen von Organen entwickelt hatte.⁶⁹

Die Untersuchungen an Seidenspinnern stellten aber noch in anderer Hinsicht einen Wendepunkt dar, denn nun musste sich Malpighi zunehmend auch mit der Zeit als Bedingung seiner Beobachtungen auseinandersetzen: Zunächst versuchte er scheinbar noch, dies zum Teil dadurch zu umgehen, dass er probierte, die Eier dieses Insektes mit der Samenflüssigkeit künstlich zu befruchten, die er dem Männchen entnommen hatte. Als dies scheiterte, musste auch Malpighi einen Weg finden, die Insekteneier sicher aufzubewahren, bis sie für weitere Untersuchungen reif genug waren. Auf diese Weise sensibilisiert berücksichtigte er dann bei seinen Beobachtungen an Hühnereiern und Pflanzenwurzeln auch die Möglichkeit, dass der Wechsel der Jahreszeiten sich auf den Wachstumsprozess auswirken könnte.⁷⁰ Darüber hinaus sah er bei Pflanzen und ihren Samen die Gelegenheit, direkt in den Wachstumsprozess einzugreifen, indem er sie verschiedenen Substanzen aussetzte oder Teile ihrer selbst gewaltsam entfernte. Hierbei fällt erneut auf, dass sich Malpighi im ersten Teil der *Anatome plantarum* darauf beschränkte, direkt Veränderungen an den Pflanzen vorzunehmen, das heißt bestimmte Teile derselben abzutrennen, während in späteren Beobachtungen eher die Auswirkungen verschiedener Stoffe untersucht wurden, welche den keimenden Samen auf verschiedene Weise beigegeben wurden.⁷¹

hac extima configuratione *Gladulosum* parenchyma, & indè viscerosam carnem dicendam putabam; sed facto ulteriori tantamine, aliud mihi philosophandum occurrit. Igni etenim approximata haec globosa substantia in oleum funditur, flammámque concipit; quare pinguedinosi globuli, reticularibus productionibus, velut membranis sacculis, contenti, cum omento comparari possunt; rursúsque dubitandi ansa occurrit, pinguedinis promptuaria esse, valdéque sollicitam reddi naturam in recolligendo continendóque oleoso hoc succo“ (Malpighi 1687, 2.21–22). Eine Verbindung von Kochen und Färben war bereits früher im Text erwähnt worden (ebd. 2.15) Das Kochen und die Verdünnung von Körperflüssigkeiten geschah hingegen scheinbar erneut ohne Rückgriff auf das Mikroskop (ebd. 2.15, 25).

⁶⁷Malpighi (1687, 2.62).

⁶⁸„In re tam obscura, in re cui optica instrumenta parum prosunt, cùm usus indicaverit rationem separandi cicatriculam à vitello & albumine, exiguum subdubiae lucis in primorum staminum indagine effulsit“ (Malpighi 1687, 2.76). Zum Kochen der einzelnen Stoffe siehe ebd. (2.81, 83).

⁶⁹Während bei allen Pflanzenteilen verschiedene Schnitte durchgeführt wurden, wurde die Rinde für die Untersuchung zudem abgezogen und zerrissen (Malpighi 1687, 1.20, 23). Der Holzteil wurde ebenfalls zerrissen, um seine Fasern an den Rändern einzeln sichtbar zu machen, und die Knoten in ihm eingeweicht, so wie Knochen und Zähne, deren Beobachtungen in diesem Zusammenhang erwähnt wurden (ebd. 1.25, 28, 37–38). Bei Blättern und Knospen wurden ebenfalls äußere Teile abgezogen bzw. innere Teile herausgezogen (ebd. 1.44, 51, 67).

⁷⁰Malpighi (1687, 1.146; 2.41, 47, 58).

⁷¹In der *Idea* wurden erste Eingriffe in Pflanzensamen erwähnt: „Nam certum est, (ut ex diario germinationis leguminum patebit,) bina folia ab extensa seminis carne, comproductá in cucurbita & aliis, à radice humorem recipere, cùm in ingentem excrescant molem; sed iterum in caulem pro germinatione & auctione evidenter remittere. Nam avulsis à germinante planta eadem siccassit; & in leguminibus seminalis caro, quae folium est conglobatum, licèt

Die Frage der Zeit wurde aber für Malpighis Beobachtungen auch in anderer Weise relevant: Der Aufwand für seine Studien, die zuweilen tägliche Beobachtungen und Aufzeichnungen erforderten, ließ sich schließlich nicht mehr mit Malpighis regulärer medizinischer Tätigkeit vereinbaren, und die Untersuchungen mussten darum in die Abgeschiedenheit seines Sommerhauses verlagert werden.⁷²

Zentraler Bestandteil von Malpighis Verständnis der Tätigkeit als Beobachter war das Konzept einer verborgenen „Norm“ oder „Methode“ der Natur, welche durch mikroskopische Beobachtungen entdeckt werden könne. Dementsprechend wurde der Blick durch das Mikroskop in der Regel als Blick auf die wahre Struktur eines Objektes beziehungsweise die Aufhebung einer Täuschung, welcher die gewöhnliche Sicht unterliege, beschrieben.⁷³ Bezüglich der Art und Weise, in der Beobachtungen durchzuführen wären, vertrat Malpighi einerseits die Ansicht, dass es ähnlich wie bei der Zeichenkunst wichtig sei, Beobachtungen mehrfach zu wiederholen, dabei aber zwischenzeitlich auch zu pausieren, um Fehler und Täuschungen zu vermeiden. Andererseits berichtete er aber auch, dass er selbst durch gelungene Beobachtungen motiviert würde und seine Untersuchungen zuweilen bis zur Erschöpfung betreibe.⁷⁴ Ein ähnlicher Zwiespalt lässt sich auch bezüglich der Schwerpunkte der Beobachtungen erkennen: Manchmal erschien es Malpighi sinnvoller, sich in seinen Be-

non extendatur & virescat, recepto tamen humido oleosam substantiam, propriumque succum plantulae, cujus cauli continuatur, affundit, ita ut *placentulae* vices suppleat“ (Malpighi 1687, 1.13). In beiden Teilen der eigentlichen *Anatome* finden sich dann Beschreibungen entsprechender Untersuchungen (ebd. 1.89, 109), aber auch Beobachtungen an mutwillig verstümmelten Pflanzen (ebd. 1.70), sowie Studien zu Veränderungen im Wachstumsprozess, wenn die Samen zum Keimen in verschiedene Flüssigkeiten gelegt wurden bzw. in Erde, die mit bestimmten Stoffen versetzt worden war (ebd. 1.106–108).

⁷²Im Vorwort, das eigentlich für den zweiten Teil der *Anatome* bestimmt war, in den *Opera omnia* allerdings der *Idea* vorangestellt wurde schrieb Malpighi: „Vegetantium seminum argumentum longâ observationum serie mihi pertractandum erat in animo; sed quoniam hoc temporis diuturnitatem exigit, ut emergentia phaenomena saepius repetita pateant, mihiq[ue] intra urbanam domum non successit diversas vegetantes alere plantas eò quia loci angustia ventilatum aërem non admittit, ibique potiùs contabescunt plantae, quàm laetae luxurient; soris autem diu commorari non licuit, tum ob domesticas curas, tum ob molestam medicinae praxim [...]“ (Malpighi 1687, 1. *Praefatio*). Dementsprechend wurden die Beobachtungen über mehrere Jahre im Sommer auf dem Land durchgeführt (Adelmann 1966, 1.353–354, 361, 371–372, 394–395, 405). Das in diesem Zusammenhang erwähnte Beobachtungstagebuch (Malpighi 1687, 1.13, 90, 93) ist vermutlich verloren gegangen, als Malpighis Stadthaus 1684 niederbrannte (Adelmann 1966, 1.470–476).

⁷³So bemerkte Malpighi bspw. hinsichtlich der Hirnstruktur: „De Cerebri medulla, seu calloso corpore illud exartum extat, cortice solidius esse, venis, & arteriis circumaffundi, ad replenda scilicet intercepta spatia, quod tamen, prout evidenter in piscium Cerebro, & subobscurè in aliis perfectioribus microscopia observare potui, falsum apprehenditur: nam constat evidenter totam hanc Cerebri albam portionem divisam esse in fibrulas depressè rotundas [...]“ (Malpighi 1687, 2.115–116; s.a. 1.50, 130; 2.297). Die Begriffe *norma* (ebd. 1.48, 50; 2.84) und *methodus* (ebd. 1.34, 41–42, 46, 56, 77; 2.203, 230) wurden synonym miteinander benutzt, an Stellen, in denen er hervorheben wollte, dass diese Ideale auf einer mikroskopischen Ebene lagen sprach Malpighi auch von einer *micrologia naturae* (ebd. 2.248, 297).

⁷⁴„Celebris apud Pictores mos est [...] quo perficiendarum imaginum graphidem, primaque in tabulis lineamenta, illico ac è materno phantasiae sinu excidunt, continuatà intuitus irradatione fovere abstinent, ne statim adolescant; verùm ab oculis per longum tempus remota ferari jubent, donec inchoatae prolis in artifice species obliteretur, quam subitâ postmodum lustratione examinantes absolvunt. Simile quid nobis in contemplandis Naturae primis iconibus peragendum; mihiq[ue] opportunum saltem & necessarium censeo. [...] Ita in meditantis Naturae tabulis, rarâ, sed repetitâ, indagine comptiora emergunt mysteria, eliminatis antiquis conceptibus, qui olim *Palladis* arcem occupant“ (Malpighi 1687, 2.75–76; s.a. 2.53–54, 270, 284). Dahingegen hieß es bezüglich der Untersuchungen zum Tastsinn: „Ex diligenti indagine, prout rudis fert sensus, & ratio, in eam veni sententiam [...]“ (ebd. 2.202). Zur Motivation siehe ebd. (2.201).

schreibungen auf das Gewöhnliche zu konzentrieren und Besonderheiten nur ergänzend zu erwähnen, in einzelnen Fällen interessierte er sich jedoch gerade für die Besonderheiten.⁷⁵

Malpighi waren diese Widersprüche und das Moment der Individualität, das seinen Beobachtungen zu eigen war, zumindest zum Teil bewusst: Bei verschiedenen Gelegenheiten hob er hervor, dass seine Beobachtungen nicht frei von Spekulationen wären, sondern eher in „Wahrnehmungs-Vermutungen“ bestünden, und er bemerkte an einer Stelle sogar, dass die persönliche Abscheu gegenüber bestimmten Gegenständen, den Wahrheitsgehalt der Beobachtungen negativ beeinflussen könnte.⁷⁶

Das Moment der Eigendynamik, das spätestens mit Hooke ein sichtbarer Bestandteil der mikroskopischen Beobachtungen geworden war, prägte also auch Malpighis Beobachtungen, führte aber nun verstärkt zu Widersprüchen. In Folge dieser Probleme, die sich zu einem großen Teil aus der immer größeren Abhängigkeit der Beobachtungen von zusätzlichen Techniken ergaben, wurde Malpighi allerdings auch stärker als seinen Vorgängern bewusst, dass seine Beobachtungen keine reine Empirie darstellten, sondern auch durch seine individuell gewählte Vorgehensweise bedingt wurden. Dementsprechend bezog er vor allem zu späteren Zeitpunkten auch Verweise auf die persönlichen Umstände der Untersuchungen in die reflexive Ebene der Beobachtungen mit ein. Zusätzlich zu den Objekten, Instrumenten und Techniken wurde nun also der Beobachter ebenfalls als inhärenter Teil der Beobachtungen verstanden. Malpighis Ausführungen zu seinen Beobachtungstechniken waren einerseits weiterhin ein rhetorisches Mittel, was insbesondere daraus zu erkennen ist, dass er Angaben zu seinen Mikroskopen zum Teil erst nachträglich und im Zuge der Rechtfertigung machte. Andererseits weisen seine Kommentare zu technischen Problemen und Defiziten sowie die eingestreuten Ratschläge für gutes Beobachten darauf hin, dass Malpighi, so wie zuvor Hooke, in erster Linie einen gewissermaßen didaktischen Anspruch in Bezug auf seine Leser verfolgte.

4.2.3 Reduzierung der Techniken

Ähnlich wie bei Malpighi spielte auch bei Grew die Idee einer „Methode der Natur“ eine wichtige Rolle. Diese stellte jedoch keine Norm dar, die durch die Untersuchungen aufzudecken war, sondern bestand in dem offen einsehbaren Prozess von Wachstum und Fortpflanzung der Pflanzen, den Grew zur Richtlinie für seine Beobachtungen machen wollte.⁷⁷ Dieses an den Naturprozessen orientierte Beobachtungskonzept stellte möglicherweise eine Weiterentwicklung der Idee Hookes dar, wenn möglich die Natur ohne Eingriffe zu beobach-

⁷⁵Diesen Gegensatz belegen zwei Kommentare zu Beobachtungen an Pflanzen: „Denique tam ferax est Natura in paradisi tegumentorum structuris, ut singulas recensere fit impossibile. Communiores igitur exponam, delineando pericarpium *cucurbitae, pomorum, & similium, siliquas diversas, vesicas, loculos, spicasque varias*“ (Malpighi 1687, 1.8). – „Gallae, quae primo vere in Quercubus copiosae luxuriant, eandem agnoscunt causam. Et quoniam tam alienam, & deformem à primaeva origine postremò induunt speciem; ideo necessarium duxi ipsarum productionem altius rimari; & quae saepius ac saepius licuit attingere, brevibus exarare“ (ebd. 1.118).

⁷⁶Zum Begriff der *coniectura sensata* siehe Malpighi (1687, 2.230), für ähnliche Befunde z.B. ebd. (1.127, 130). Den Ekel als Hindernis für bestimmte Beobachtungen erwähnte Malpighi im zweiten Teil von *De pulmonibus* (ebd. 2.327).

⁷⁷„If then the *Anatomy of Vegetables* be so useful a *Mean*, we ought not to streighten it; but to force this, as well as the rest, to its utmost Extent. And therefore, first of all, To go through all the *Parts* with equal care; examining the *Root, Trunk, Branch, Leaf, Flower, Fruit, and Seed*. Then to Repeat or Retrograde the Dissection, from *Part to Part*: in that, although the best Method of Delivery, for clear Discourse, can be but one, according to that of *Nature*, from the Seed forward, to the Seed [...]“ (Grew 1682, *Preface*; s.a. im Haupttext (1, 123)).

ten. Dementsprechend waren Grews Beobachtungen deutlich weniger technisch ausgelegt als die Malpighis, auch wenn sie einer ähnlichen Thematik folgten: Nur in einigen wenigen, speziellen Fällen wurden Techniken erwähnt, die über eine Zerlegung der Pflanzen durch Schnitte hinausgingen. Hierzu zählten etwa das Füllen von Poren mit Quecksilber, das Aufdröseln von spiralförmigen Fasern und das Abziehen der Haut von Blättern. Bestimmte Blütenblätter wurden hingegen zerbrochen, um an den Rändern einzelne Gefäße herausziehen zu können, und Gurken wurden getrocknet, damit sie leichter für die Beobachtung zerschnitten werden konnten.⁷⁸

Selbst in Bezug auf das Mikroskop zeigte sich Grew eher reserviert, und aus einigen Textpassagen entsteht sogar der Eindruck, dass er die Anwendung von optischer Vergrößerung nach Möglichkeit vermeiden wollte: In den Titeln der einzelnen Schriften, die schließlich zur *Anatomy of Plants* zusammengestellt wurden, hob er hervor, dass die Beobachtungen nur zum Teil mit dem Mikroskop durchgeführt worden waren. Im Vorwort stellte er dies einerseits als Übergang von einfacheren zu komplizierteren Beobachtungen dar, und führte andererseits an, dass dadurch auch Forscher, die nicht über derartige Instrumente verfügten, die Untersuchungen nachvollziehen könnten.⁷⁹ Andere Stellen deuten jedoch an, dass Grew darüber hinaus auch später noch Beobachtungen mit bloßem Auge den Vorzug gab: Im Vorwort hob er in einer etwas missverständlichen Passage hervor, dass das Mikroskop zum einen eine eher zweifelhafte Hilfe darstelle, und zum anderen vor allem die Verbindung von Auge und Verstand für neue Entdeckungen entscheidend sei.⁸⁰ Am Ende seiner Beobachtungen der Strukturen verschiedener Stämme merkte er wiederum an, dass unter den richtigen Bedingungen und mit genügender Sorgfalt ein Großteil der von ihm beschriebenen Strukturen auch mit dem bloßen Auge gesehen werden könne. Und kurz darauf erläuterte er sogar, dass die sonst unkenntlichen Milchgefäße von Pflanzen auch ohne Mikroskop erkennbar würden, wenn man sie nur entleere.⁸¹ Scheinbar versuchte Grew also den Einsatz des Mikroskopes durch Verfeinerung der Beobachtungsmethoden zu umgehen, und dementsprechend verzichtete er auch darauf, die von ihm benutzten Instrumente genauer zu beschreiben. Darüber hinaus wurde der Prozess des Beobachtens von Grew jedoch nicht weiter thematisiert.

Während Malpighis Beobachtungen in großem Maß von der Anwendung und Entwicklung von Techniken sowie der daraus entstehenden Eigendynamik geprägt waren und infolgedessen auch die persönlichen Faktoren der Untersuchungen in die Reflektionen mit einbezogen, hatte Grew also den entgegengesetzten Weg eingeschlagen: Auf Eingriffe in die Objekte wurde, so weit es ging, verzichtet und auch dem Mikroskop gegenüber ließ er eine gewisse Skepsis walten, da es als künstliches Mittel der Wahrnehmung der Idee einer an der

⁷⁸Grew (1682, 20, 74, 153, 166, 181).

⁷⁹„[...]all the Observations contained in the *First Book*, except one or two, were made with the *Naked Eye*. To the end, I might first give a proof, How far it was possible for us to go, without the help of *Glasses*: which many Ingenious Men want; and more, the patience to manage them. [...] Having thus begun with the bare Eye; I next proceeded to the use of the *Microscope*“ (Grew 1682, *Preface*).

⁸⁰„Together with the *Knife* it will be necessary to joyn the *Microscope* [...] As also, that both Immediate, and Microscopical Inspections, be Compared: since it is certain, That some things, may be demonstrated by Reason and the Eye conjunct, without a Glass, which cannot be discovered by it; or else the discovery is so dark, as which, alone, may not be safely dependent on“ (Grew 1682, *Preface*).

⁸¹„All of the *Parts* of these *Trunks*, may, as I have now described them, be observed without a *Microscope*: excepting the *Bladders* and number of *Aer-Vessels*. Yet three things are hereunto necessary; viz. a good *Eye*, clear *Light*, and a *Razor*, or very keen *Knife*, wherewith to cut them with a smooth surface, and so, as not to Dislocate the *Parts*“ (Grew 1682, 107). Zur Entleerung der Milchgefäße siehe ebd. (111).

Natur ausgerichteten Untersuchung zu widersprechen schien. Wiederum vermischten sich also in den technischen Erläuterungen Rhetorik und didaktischer Anspruch: Die Auseinandersetzung mit den Schwierigkeiten, welche Beobachtungstechniken und alleine schon das Mikroskop mit sich brachten, verfolgte klar das Ziel, potentielle zukünftige Beobachter in dieser Hinsicht aufzuklären. Zugleich diente der Verweis auf eine einfachere Reproduzierbarkeit durch reduzierte Techniken beziehungsweise den Verzicht auf das Mikroskop auch dazu, die eigene Vorgehensweise zu rechtfertigen.

4.2.4 Individualismus

Grews Bestrebungen zur Vereinfachung des Beobachtens blieben jedoch eher eine Ausnahme, Swammerdam und Leeuwenhoek neigten sogar dazu, noch stärker die Spezialisierung von Techniken für den Einzelfall voranzutreiben und ihre Beobachtungen waren somit auch wieder stärker durch persönliche Faktoren geprägt.

Swammerdam verstand den technischen Aspekt des Beobachtens schon früh als Teil eines Entwicklungsprozesses, was wohl auch damit zusammenhing, dass seine Untersuchungen eine entscheidende Wendung nahmen, als er versuchte, die Beobachtungen Malpighis zu reproduzieren. Angesichts der beschriebenen Dürftigkeit der technischen Erläuterungen in dessen Schriften, wurde Swammerdams Versuch, an die Beobachtungen in *De Bombyce* anzuschließen, eine schwierige und zeitaufwendige Aufgabe. Tatsächlich verbrachte er schließlich einen Zeitraum von zunächst fünf Jahren damit, seine eigenen Beobachtungsmethoden zu entwickeln.⁸² Ein wichtiger Aspekt scheint diesbezüglich die Auswahl eines geeigneten Instrumentes zum Zerteilen der zu untersuchenden Insekten gewesen zu sein. Anders als seine Zeitgenossen gelangte Swammerdam diesbezüglich, nachdem er verschiedene Instrumente ausprobiert hatte, zur Überzeugung, dass man am besten eine kleine Schere verwenden sollte.⁸³ Darüber hinaus wurde sich Swammerdam aber bereits im Zusammenhang mit diesen frühen Entwicklungen bewusst, dass es angesichts der eigenen technischen Fortschritte erstrebenswert wäre, frühere Beobachtungen zu wiederholen, dies aber aufgrund des stetig zunehmenden Zeitaufwandes kaum möglich war.⁸⁴

Diesem Gedanken der methodischen Entwicklung folgend kam Swammerdam schließlich zum Schluss, dass seine Beobachtungen an Bienen den Höhepunkt seiner Fähigkeiten darstellten und dementsprechend von seinen späteren Schriften nur diese allein nach seinem Tod veröffentlicht werden sollten.⁸⁵ Wichtiger Bestandteil der entsprechenden Untersuchungen war die Entwicklung eines Präparationsverfahrens gewesen, das aus mehreren Schritten bestand: Einzelne Teile der Bienen wurden nach der Trennung vom Körper zunächst auf einem möglichst dünnen Stück Glas getrocknet, dann aber auf ein Stück Kork gelegt, bevor sie mit dem Mikroskop eingehender betrachtet wurden. Kork dürfte hierfür vor allem deswegen verwendet worden sein, weil darauf eine leichtere Fixierung der Objekte möglich

⁸²Ruestow (1996, 112–113, 294).

⁸³„Om de huyt te openen, soo en is niets bequaamer, als een subtiel ende fijn schaarken: alsoo de lançetten, hoe scherpy sijn, hier niet te pas en komen; want sy de deelen altijt eenighsins opscheuren, ende van een recken. Voornamentlijk soose uyt ongelijcke hardigscheeden bestaan“ (Swammerdam 1675, 73).

⁸⁴Swammerdam (1672, 16, 18); Ruestow (1996, 112).

⁸⁵Ruestow (1996, 113).

war, und Swammerdam einen dunklen Untergrund für seine Beobachtungen bevorzugte.⁸⁶ Ferner war es ihm gelungen, die inneren Strukturen von Gefäßen zugänglich zu machen, indem er dieselben mittels eines Haares, das in sie eingeführt wurde, von innen auftrennte.⁸⁷ Dass derartige Verfahren gerade in den Beobachtungen an Bienen entwickelt wurden, scheint vor allem dadurch angeregt worden zu sein, dass diese Untersuchungen etwas weitläufiger durchgeführt wurden als bei anderen Insekten: So wurde die erwähnte Verwendung von Glasplättchen und Kork zunächst im Zusammenhang mit einer Untersuchung des Wachses beschrieben, das von den Bienen abgesondert wurde und dessen stoffliche Eigenschaften ein Trocknen für die Beobachtungen in besonderem Maße erforderlich machte.⁸⁸

Trotz der Beschreibung seiner Vorgehensweise waren Swammerdams Beobachtungen jedoch schon für die nächste Generation von Naturforschern nicht mehr nachvollziehbar.⁸⁹ Dies lag zum einen sicher daran, dass Swammerdam ebenfalls darauf verzichtete, genauere Angaben zu den von ihm verwendeten Mikroskopen zu machen, zum anderen aber auch die technischen Erläuterungen angesichts der Komplexität und der hohen Anforderungen an den Beobachter zu kurz gefasst waren, um die den Beobachtungen zugrunde liegende jahrelange Erfahrung im Umgang mit Objekten und Instrumenten zu vermitteln. Denn obwohl diese technische Entwicklung ihren Ursprung in der Reproduktion von fremden Beobachtungen gehabt hatte, stand aus Swammerdams Sicht nichtsdestotrotz die persönliche Erfahrung im Zentrum seiner Untersuchungen. Dies führte jedoch letztlich auch zu sehr persönlichen Problemen: Anders als Malpighi sah er seine Entdeckungen nicht als Enthüllung eines Geheimnisses, sondern als religiöse Offenbarungen, die ihn Gott näher brachten. Dementsprechend verfolgte Swammerdam seine Studien mit religiösem Eifer und unterwarf sich zeitweise einem strengen Arbeitsrhythmus, der aufgrund der immer stärkeren technischen Anforderungen zuweilen Züge von Eskapismus trug. Als er jedoch später feststellte, dass der religiöse Aspekt der Beobachtungen für ihn mehr und mehr in den Hintergrund trat, sah er sich gezwungen seine Forschung, die er nunmehr als eine Verlockung verstand, die ihn von Gott entfernte, ganz aufzugeben.⁹⁰

Diese sehr persönliche Sicht auf das Beobachten zeigte sich in indirekter Weise auch in den technischen Erläuterungen: Swammerdams Verweis auf seine eigene Suche nach funktionierenden Methoden kann in didaktischem Sinn als Vorbildgeschichte verstanden werden, zugleich entsteht aber auch das Bild eines Forschers, der sich durch seine Expertise von den nicht instruierten Lesern abgrenzt. Wiederum sind also sowohl didaktische Aspekte als auch der Versuch der Rechtfertigung, der sich diesmal noch stärker auf den Beobachter selbst richtete, in den methodischen Ausführungen miteinander verbunden.

Auch Leeuwenhoek hielt sich, zum offen geäußerten Verdruss einiger seiner Korrespondenten, mit spezifischen Äußerungen hinsichtlich der von ihm benutzten und selbst hergestellten Mikroskope zurück, so wie er es auch sonst für ratsam hielt einige technische Details nicht publik zu machen und sich so einen gewissen Vorsprung vor anderen Beobachtern

⁸⁶Siehe Ruestow (1996, 113) sowie die Beschreibung der Vorgehensweise bei Swammerdam (1737–1738, 1.455) im Vergleich mit den Beobachtungen in der *Ephemeris Vita* (Swammerdam 1675, 413–414, 415). Zum dunklen Untergrund siehe ebd. (94).

⁸⁷Swammerdam (1737–1738, 1.412); Ruestow (1996, 114). Vgl. wiederum das Vorgehen bei früheren Beobachtungen (Swammerdam 1675, 84).

⁸⁸Swammerdam (1737–1738, 1.373–374).

⁸⁹Ruestow (1996, 294).

⁹⁰Ruestow (1996, 116–119, 129, 143–145).

zu erhalten, was er auch nicht verheimlichte.⁹¹ Nichtsdestotrotz lässt sich aus Leeuwenhoeks Briefen erkennen, dass er zumeist einfache Mikroskope benutzte, über die er in großer Anzahl verfügte und die scheinbar jeweils für ein spezifisches Objekt vorgesehen waren.⁹² In ähnlicher Weise scheint er auch die Beleuchtung jeweils für spezifische Beobachtungen eingerichtet und dabei auf verschiedene Helligkeiten und dunklen Untergrund zurückgegriffen zu haben. Dünne Schnitte wurden zudem auf Glas- oder Muskovitplatten ausgebreitet und durchleuchtet. Allerdings fielen auch diesbezüglich die Bemerkungen spärlich und kurz aus.⁹³

In späteren Beobachtungen ging Leeuwenhoek dann, ähnlich wie Malpighi, vermehrt dazu über, die Objekte zuerst mit schwacher oder mittlerer Vergrößerung zu untersuchen und dann für bestimmte Details zu stärkeren Instrumenten zu wechseln.⁹⁴ In der gleichen Zeitspanne thematisierte er bei zwei Gelegenheiten auch die Auswirkungen der Eigenarten bestimmter Mikroskope auf die Beobachtungen. Wenn auch in beiden Fällen die Auseinandersetzung mit fremden Instrumenten und Beobachtungen den Ausgangspunkt hierfür bildete, zeigen doch die entsprechenden Passagen ein erhöhtes Bewusstsein für optische Effekte, das in derartiger Form bei vielen seiner Vorgänger und Zeitgenossen scheinbar nicht bestand. Ursache hierfür war neben dem Umstand, dass sich Leeuwenhoek deutlich länger als andere mit seinen Instrumenten befasst hatte, scheinbar ein Unfall, bei dem seine Augen durch Funken beschädigt wurden. In Folge dessen beobachtete er zuweilen den Eindruck von sich bewegenden Partikeln in seinem Auge.⁹⁵

Die Berechnungen zur Größe kleiner Objekte, die Leeuwenhoek in seinen frühen Beobachtungen, ohne Zweifel zu dulden, vorgebracht hatte, um seine Untersuchungen verständlicher zu machen, wurden später teilweise relativiert: Die Bestimmung der Größe kleinster Objekte wie Blutglobuli war zunächst über Vergleiche mit Objekten an der Grenze der Sichtbarkeit, vor allem Sandkörnern und Haaren, vorgenommen worden.⁹⁶ Bei noch kleineren Objekten, wie beispielsweise den *Animalcula*, wurden diese Vergleiche mittels einer Kette von Bezugspunkten und einer geometrischen Berechnung hergestellt, da sich Leeuwenhoeks Angaben stets auf das Volumen von Kuben oder Sphären bezogen, was er im Gegensatz zu allen seinen Vorgängern, die ähnliche Angaben machten, auch explizit ausführte. In ähnlicher Weise wurde auch die durchschnittliche Menge der *Animalcula* auf einem gewissen Raum berechnet. Diese Bemühungen, seine Beobachtungen zu quantifizieren, erregten jedoch mancherorts eher Zweifel an der Richtigkeit der Beobachtungen, denn je nach Vergleichsobjekt gab Leeuwenhoek für die Zeitgenossen nur schwer vorstellbare Größenverhältnisse zwischen 1 : 1000 und 1 : 100.000.000 an.⁹⁷ Während er gegenüber Constantijn Huygens bereits zu diesem Zeitpunkt einräumte, dass seine Berechnungen nicht von einer exakten Grundlage ausgingen, machte er anderen Korrespondenten gegenüber keine derar-

⁹¹Ruestow (1996, 16, 152, 154). S.u. S. 143, Fn.

⁹²Leeuwenhoek (1939–1999, 1.42; 6.237; 7.358). Eine detaillierte Beschreibung erfolgte nach Leeuwenhoeks Tod von Seiten der Royal Society, der er seine Instrumente hinterlassen hatte (Dobell 1960, 314–324). Für den Versuch einer Rekonstruktion der Methoden Leeuwenhoeks beim Instrumentenbau siehe Zuylen (1982).

⁹³Leeuwenhoek (1939–1999, 1.114, 212; 2.418; 9.362).

⁹⁴Leeuwenhoek (1939–1999, 7.50; 11.138; 13.144–147; 14.222, 234–237, 340, 352; 15.172, 178, 186). In einem Fall erwähnte er sogar die Verwendung von fünf verschiedenen Mikroskopen für eine Beobachtung (ebd. 15.48).

⁹⁵Leeuwenhoek (1939–1999, 13.232–235, 238–241; 370–373).

⁹⁶Leeuwenhoek (1939–1999, bspw. 1.102, 110, 160, 164, 220).

⁹⁷Für diese und ähnliche Berechnungen siehe Leeuwenhoek (1939–1999, 2.72, 198–207, 252–255; 3.54–67, 334–339, 386–389, 400–403; 4.274; 7.388–393; 12.220; 14.122, 126–129). Für den mathematischen Hintergrund siehe die Ausführungen von Dijksterhuis (1948) und Egerton (1968).

tigen Zugeständnisse.⁹⁸ Dennoch fiel Leeuwenhoek in späteren Jahren manchmal auf, dass sich seine eigene Einschätzung der Größe von Objekten unter dem Mikroskop zum Teil auffallend von derjenigen der Zeichner unterschied, für die er die Mikroskope einrichtete, damit sie Darstellungen seiner Beobachtungen anfertigen konnten.⁹⁹

Früher oder später wurden in der Regel die Beobachtungstechniken, die er über Jahre hinweg entwickelt und zum Teil mehrfach modifiziert hatte, ebenfalls zum Gegenstand von kritischen Reflexionen, in denen ihr Einfluss auf die Beobachtungen hinterfragt wurde: Bei der Zerteilung von Strukturen entwickelte Leeuwenhoek schon früh eine große Feinfühligkeit, die es ihm beispielsweise erlaubte, die Stachel von Insekten in ihre Teile zu zergliedern oder Muskeln mit einer Nadel in Teile unterhalb der Größe eines Sandkornes zu zerlegen.¹⁰⁰ Zugleich gab es aber schon früh Probleme, wenn es darum ging, bestimmte Teile von Strukturen ohne Beschädigung herauszulösen, etwa die Samen-Pflanzen aus ihrer Hülle zu entfernen oder die Samenflüssigkeit unvermischt aus den Körpern verschiedener Lebewesen zu entnehmen.¹⁰¹ Bei der Untersuchung von pflanzlichen Strukturen stellte sich neben der Anforderung nach Genauigkeit im Schnitt auch die Schwierigkeit, dass bei verschiedenen Schnittweisen unterschiedliche Strukturen sichtbar wurden, sich die eigentliche Struktur also erst durch die Verbindung unterschiedlicher Blickwinkel erschließen ließ.¹⁰²

Des Weiteren bemerkte Leeuwenhoek schon früh, dass Veränderungen in den Strukturen entstehen konnten, wenn die jeweiligen Objekte für die Beobachtungen getrocknet oder eingeweicht wurden. Noch problematischer war es allerdings, wenn derartige Veränderungen bereits durch die jeweils vorliegende Luftfeuchtigkeit entstanden.¹⁰³ Wenn es darum ging, die Salzpartikel verschiedener Stoffe zu untersuchen, die Leeuwenhoek als grundsätzliche Ursache für bestimmte Eigenschaften wie den Geschmack oder für die Wirkung derselben als Medikament vermutete, blieb jedoch trotz dieser Probleme das Einweichen oft die einzige ihm bekannte Möglichkeit. Hierbei war allerdings zusätzlich zu beachten, dass auch das verwendete Wasser selbst schon Salze enthalten konnte, die sich dann zusammen mit denen der eigentlichen Objekte zeigten, wenn die Lösung auf dünnen Glasscheiben getrocknet und durch leichtes Anhauchen wieder verflüssigt wurde.¹⁰⁴ In einigen späteren Fällen wurde dieses Vorgehen insofern erweitert, als die zu untersuchenden Stoffe nun zuerst stark erhitzt oder verbrannt wurden, bevor Leeuwenhoek sie in Wasser oder anderen Flüssigkeiten löste, auch wenn in anderen Zusammenhängen hinsichtlich der Temperaturveränderungen bereits früh ähnliche Probleme wie in Bezug auf die Feuchtigkeit festgestellt worden waren.¹⁰⁵

⁹⁸Man beachte die Unterschiede in zwei diesbezüglichen Briefen an Huygens und Hooke (Leeuwenhoek 1939–1999, 3.54–67, 332–337).

⁹⁹Leeuwenhoek (1939–1999, 9.232; 13.142, 246; 15.198).

¹⁰⁰Leeuwenhoek (1939–1999, 1.46, 110; 2.212).

¹⁰¹Leeuwenhoek (1939–1999, 2.370; 3.320–323, 372; 6.272; 7.356–359; 10.210–213; 13.298, 328; 14.118).

¹⁰²Leeuwenhoek (1939–1999, 3.152–181; 9.106–117). Man beachte vor allem die dem zweiten, erwähnten Brief beigefügte Darstellung, welche ergänzend zu den Bildern der Pflanzenstrukturen die verschiedenen Schnitte erläuterte.

¹⁰³Zu Unterschieden in normalen und vertrockneten Strukturen siehe Leeuwenhoek (1939–1999, 1.88, 334; 2.418; 3.396–399; 8.258; 12.12–19; 14.174, 342; 15.56, 60, 231), zuweilen wurde aber auch die Feuchtigkeit, die sich bei den in Objekten in Gläsern abgelagerte zum Problem (ebd. 13.204).

¹⁰⁴Leeuwenhoek (1939–1999, 1.302, 314, 330; 2.17, 90, 134, 142, 146, 152; 11.10–23; 12.12–19; 15.292–297). Zuweilen wurden auf ähnliche Weise auch die Veränderungen von Salzen bei Vermischung mit Essigen untersucht (ebd. 5.12–17, 60–65, 340, 342, 346–351).

¹⁰⁵Für entsprechende Untersuchungen mit Wasser siehe Leeuwenhoek (1939–1999, 8.214–223, 236–251, 254–269; 11.278–283; 12.270–277; 14.268–283, 294–317; 15.46–61, 98–103, 102–111, 128–131, 208–233, 236–255, 258–269, 338). Bei Untersuchungen, in denen es um die Wirkung von Stoffen auf Körperprozesse ging, wurden die

Noch deutlicher wird Leeuwenhoeks ambivalente Haltung zu derartigen Verfahren aus seinen Bemerkungen über Quecksilber-Injektionen, die dazu dienen sollten, Gefäßverläufe in organischen Strukturen sichtbar zu machen: 1689 lehnte er sie als unsichere Methode ab, obwohl er sie in früheren Beobachtungen selbst angewendet hatte, und griff dann ab 1692 erneut auf sie zurück.¹⁰⁶

Auch bei der Verwendung von Glasröhren, die eines der zentralen Werkzeuge für Leeuwenhoeks Beobachtungen darstellten, entstanden Probleme: Dünne Glasröhren hatten zunächst in den Beobachtungen von Blut ermöglicht, diese Flüssigkeit unter Ausschluss der Luft vor der Linse auszustellen. Bei Untersuchungen von Rinderhirn musste Leeuwenhoek dann aber feststellen, dass die Struktur des Stoffes, den er mittels der Röhren aus dem Inneren des Organs herausgesaugt hatte, durch diesen Vorgang verformt worden war. Um auszuschließen, dass es auch bei den Beobachtungen von Flüssigkeiten zu ähnlichen Verfälschungen kommen könnte, stellte Leeuwenhoek daraufhin sicher, dass die Glasröhren, die er selbst anfertigte, an den Stellen, die mit dem Objekt in Berührung kamen oder vor die Linse gestellt wurden, möglichst nicht berührt wurden. Hinsichtlich des Gehirns begann er einerseits an einer neuen Technik zur Anwendung von Glasröhren zu arbeiten, die er allerdings geheim hielt und scheinbar nicht bis zur Anwendung brachte. Andererseits ging er zeitgleich dazu über, das Gehirn für seine Beobachtungen nun doch zu zerteilen.¹⁰⁷ Im Fall des Versuches, den Blutkreislauf von Aalen zu beobachten, erwiesen sich Glasröhren dagegen als Mittel, um den Einfluss des Beobachters auf den Prozess zu minimieren: Nachdem Leeuwenhoek festgestellt hatte, dass der Druck, den er auf die Fische ausübte, die er für die Beobachtungen zunächst in Papier eingewickelt hatte, den Blutfluss in den Gefäßen hemmte, konstruierte er einen Apparat, welcher den Aal in einer Glasröhre fixierte. Somit wurde der Blick auf den Blutkreislauf fast ohne äußeren Einfluss freigegeben.¹⁰⁸

Noch stärker als bei Hooke, Malpighi und Swammerdam wurde auch die Zeit zu einem wichtigen Gesichtspunkt für Leeuwenhoek. So erforderten die Fragestellungen der Untersuchungen zuweilen Beobachtungen über längere Zeiträume, was einen spürbar höheren Aufwand bedeutete: Sowohl Insekten als auch Pflanzen mussten vor allem dann, wenn ihr Wachstum und ihre Fortpflanzung studiert werden sollten, erst aufgezogen werden. Hierzu trug Leeuwenhoek des öfteren über mehrere Tage hinweg Metallschachteln oder Glasbehälter mit Insekteneiern oder Pflanzensamen, die in feuchtem Sand keimten, mit sich herum. Dies sollte ihm zum einen ermöglichen, die Entwicklung ständig mitverfolgen zu können, zum anderen dachte Leeuwenhoek, dass Wärme eine notwendige Bedingung für Wachstumsprozesse sei, auch wenn der Ausgang dieser Versuche nicht immer unbedingt dafür sprach. Später wurden diese Beobachtungen dann auf alle Lebensphasen der Insekten ausgeweitet.¹⁰⁹ Weitere Beispiele für Untersuchungen mit hohem Zeitaufwand waren

Stoffe auch mit Blut und anderen Flüssigkeiten vermischt (ebd. 7.156–193; 12.74–97; 13.38–41, 52; 15.284–291). Kommentare zur Temperatur als Einfluss auf die Beobachtungen finden sich ebd. (1.86, 232–255; 5.4; 11.12).

¹⁰⁶ Leeuwenhoek (1939–1999, 5.166–169; 8.144–149; 9.160).

¹⁰⁷ Leeuwenhoek (1939–1999, 1.96, 108, 200–203, 210, 214). Zur Herstellung der Glasröhren, die Leeuwenhoek auf dem Jahrmarkt erlernt hatte siehe Ruestow (1996, 152). Zur Geheimhaltung von Techniken siehe Leeuwenhoek (1939–1999, 1.210, 292; 2.8, 104–107, 114, 200, 204; 8.38) sowie Ruestow (1996, 152).

¹⁰⁸ Leeuwenhoek (1939–1999, 8.68–95; 12.240–249).

¹⁰⁹ Für die ersten Beobachtungen, welche das Aufziehen von Insekten beinhalteten, siehe Leeuwenhoek (1939–1999, 2.244, 314; 4.24–27; 6.318–337; 7.52–55, 68–71, 98–113; 8.316–321, 326–329). Für daran anschließende, ausgedehnte Beobachtungen siehe ebd. (6.66; 7.6–37; 8.276–291, 296–321; 9.210–255; 9.296–311; 10.182–189, 234–243; 11.178–209; 12.32–39, 54–61; 13.222–225, 246–261, 318–363). Für Untersuchungen dieser Art an Insekten, die aus verschiedenen Gründen gescheitert sind, siehe ebd. (8.270–285; 9.270–285, 286–289; 10.204–209;

die Animalcula-Beobachtungen sowie einige Studien an größeren Lebewesen, die ebenfalls aufgezogen, aufbewahrt und gepflegt werden mussten.¹¹⁰

Darüber hinaus waren die Objekte zuweilen über den Zeitraum von Leeuwenhoeks Beobachtungen ungewollten Veränderungen wie Schimmel oder Alterung unterworfen, welche eine Fortsetzung der Untersuchungen beeinträchtigten. Und bestimmte Untersuchungen wurden von vorneherein durch die zeitlichen Umstände wie Jahreszeiten oder den Aufwand zur Beschaffung der Objekte behindert.¹¹¹ Vor allem diese zeitlichen Faktoren führten dazu, dass Leeuwenhoek bei einigen seiner Beobachtungen an die Grenzen seiner Kräfte stieß.¹¹²

Trotzdem waren Wiederholungen von Beobachtungen ein zentraler Bestandteil von Leeuwenhoeks grundsätzlichen Ansichten zur wissenschaftlichen Methodik. Einerseits wurden hierdurch bereits durchgeführte Beobachtungen ergänzt und korrigiert. Neben den inhärenten Problemen der jeweiligen Untersuchungen wurde dies aber auch dadurch eingeschränkt, dass er nicht bei allen dieser Wiederholungen Aufzeichnungen anfertigte, vor allem nicht, wenn er diese in erster Linie zu seinem persönlichen Vergnügen vorgenommen hatte.¹¹³ Andererseits verstand Leeuwenhoek die Wiederholung als Teil eines Lernvorganges, der letztlich Täuschungen minimieren sollte.¹¹⁴

Zugleich war es für Leeuwenhoek von zentraler Bedeutung, dass die Beobachtungen nicht durch Vorstellungen über die Objekte beeinflusst wurden, die aus anderen Quellen stammten. Dementsprechend verzichtete er bewusst darauf, sich im Vorfeld anhand der Schriften anderer Forscher über die Themen zu informieren, die er selbst untersuchen wollte.

10.242–251; 10.268–301; 11.68–85; 12.40–43, 180–189; 13.116–129). In einigen Fällen vermutete Leeuwenhoek explizit seine Körperwärme als Grund für das Misslingen (ebd. 6.331; 9.314; 13.362). In anderen Fällen wurde die Lebensdauer der Insekten selbst zum Thema der Beobachtungen (ebd. 6.58; 9.310–316; 13.26–45). Für ähnliche Versuche mit Pflanzen siehe ebd. (5.258–263; 7.372–387; 9.314; 10.224–229; 12.188–193; 13.200–223, 230–241).

¹¹⁰Dies galt sowohl für die Mikroorganismen in verschiedenen Flüssigkeiten als auch die Spermien verschiedener Lebewesen (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.60–155; 3.260–267; 5.188; 11.126–139; 12.376–391; 13.228–243; 14.36–45, 50–53, 58–71, 136–145, 160–173, 176–179, 182–191; 15.64–83). Längere Untersuchungen an größeren Lebewesen beschäftigten sich mit Fröschen (ebd. 8.8–15), einer Fledermaus (ebd. 8.154–169), Schwammuscheln (ebd. 11.126–139) und Aalen (ebd. 14.6–9).

¹¹¹Leeuwenhoek (1939–1999, 8.24; 9.58; 10.96; 11.32–39, 40; 12.78, 188–193; 14.24).

¹¹²Leeuwenhoek (1939–1999, 1.68; 2.14; 4.210; 6.192; 7.12; 7.36; 8.320; 9.132; 10.170; 11.14, 86, 106; 12.4, 342; 15.70, 82). Zuweilen fügte Leeuwenhoek seinen Beobachtungen auch Angaben zur Dauer von Prozessen bei, die er anhand seines Sprechrhythmus gemessen hatte (ebd. 8.20–23, 132–140; 12.184, 336–350).

¹¹³Für Probleme im Zusammenhang mit wiederholten Beobachtungen siehe Leeuwenhoek (1939–1999, bspw. 1.200–203; 9.220), für Ergänzungen insbesondere ebd. (5.272–275; 7.136–145; 13.106). Zum Fehlen von Aufzeichnungen siehe hingegen ebd. (6.294; 14.70; 9.24), und zu Wiederholungen aus Vergnügen ebd. (7.164; 8.196; 12.238) sowie die Ausführungen bei Ruestow (1996, 152, 156).

¹¹⁴„[...] soo heb ik nogtans het contrarie aen verscheijde vermaerde Heeren vertoont, en derf seggen, dat soodanige Heeren, soo verre nog niet gekomen sijn, datse goede observatien konnen te weeg brengen. Wat mij belangt, ik kan als waeragtig seggen, dat ik de kleijnde soort daer ik hier van sal spreken, soo naekt voor mijn oogen stel, en sie leven, als of wij met ons bloote oog, de kleijne vliegen, of muggen inde lugt sie sweven, schoon deselve meer dan hondert milioenen kleijnder sijn dan een grof santge [...]“ — „[...] yet I have demonstrated the contrary to several distinguished Gentlemen. And I do not hesitate to say that the above-mentioned gentlemen have not advanced so far that they are able to make good observations. As for me, I can say with perfect truth that I can put the smallest sort of which I shall here speak as distinct before my eyes and can see that they live, as if we saw with our naked eyes little flies or gnatts flitting about in the air, although they are more than a hundred million times smaller than a coarse grain of sand [...]“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 3.332–333). Oder stärker auf seine eigene Person bezogen: „[...] gelijk mij onder anderen voor desen verscheijde bloet-vaaten sijn ontmoet, waar in ik mij inbeelde, dat de circulatie van het bloet wiert te weeg gebracht [...] Maar dat ik mij door gaans in mijne opinie bedroge hebbe bevonden“ — „[...] just as I have in the past, among other things, come across several blood-vessels in which I imagined that the circulation of blood was being brought about [...] But I invariably found that I had been deceived in my opinion“ (ebd. 8.146; s.a. 2.318; 4.140–151, 254–257; 6.306; 11.182; 12.304).

Ferner unterließ er es zuweilen, seine Zeichner darüber aufzuklären, welche Objekte gerade unter dem Mikroskop lagen, durch das sie blickten. Dies führte jedoch in einigen Fällen zu Problemen, weil einige Strukturen erst erkennbar wurden, wenn gewisse Vorkenntnisse vorhanden waren, was Leeuwenhoek eigentlich auch aus eigener Erfahrung wusste.¹¹⁵

Sowohl der Verzicht auf Informationen von außen als auch der Umgang mit seinen Zeichnern entsprachen Leeuwenhoeks grundsätzlicher Auffassung, dass das Beobachten eine Tätigkeit darstelle, die stark von den Fähigkeiten und somit auch den charakterlichen Eigenschaften des Forschers abhinge: Aufmerksamkeit, Achtsamkeit und Ausdauer stellten für ihn die zentralen Anforderungen an einen Beobachter dar, und an diesen schien es vielen seiner Zeitgenossen in seinen Augen zu mangeln.¹¹⁶ Dementsprechend war auch nur ein entsprechend befähigter Beobachter in der Lage, darüber entscheiden, ob die verwendeten Mittel den jeweiligen Untersuchungen angemessen waren, weil andere Personen, die ein Interesse an diesen Beobachtungen haben mochten, in der Regel nicht über die notwendige Erfahrung hierfür verfügten.¹¹⁷ Letztlich stellte Leeuwenhoek im Zusammenhang mit den *Animalcula*-Untersuchungen und den Beobachtungen zum Blutkreislauf fest, dass das mikroskopische Beobachten eine eigene Art von Wissenschaft darstelle, in welcher die *individuelle* Erfahrung im Mittelpunkt stand, was letztlich aber das Problem mit sich brachte, dass die Beobachtungen grundsätzlich nur schwer in ihrer Gesamtheit kommuniziert werden konnten.¹¹⁸

¹¹⁵ „Ik heb de vis-striemtgens vande garnaat, hoe wel extraordinair dun, egter soo danig daer mede gehandelt, dat ik seer distinct de veseltgens, of draatgens heb konnen bekenen, waer uijt soo een dun vis-striemtge was gemaakt, dog tot dese laaste observation was mij onmogelijk te komen geweest, ten ware ik van trap, tot trap hadde gegaen, en die alvoorens eerst hadde gesien, inde grofste vlees en vis-striemtgens, en ik heb mij niet laten vergenoegen, dat ik deselve int eerst 1. 2. en 3. mael heb gesien, maer ik heb wel op 25. bijzondere tijden, met grooten arbeijt die willen sien, eer ik daer ijets van heb willen schrijven [...]“ — „Although the fish-fibres of the shrimp are uncommonly thin, I have yet manipulated them so as to be able to distinguish quite clearly the fibres or strings of which such a thin fish-fibre was composed; however, these last observations I could never have made unless I had proceeded step by step, and unless I had first seen them in the coarsest flesh- and fish-fibres. Nor was I satisfied with having seen them once or twice or a third time, but I was bent upon seeing them at least 25 separate times with great exertion before I felt inclined to write about it“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 3.430–431; s.a. 8.38; 15.28). Bezüglich der Instruktion der Zeichner siehe ebd. (6.110, 204; 7.372–387; 9.220–223; 14.126). Zum Verhältnis von eigenen und fremden Beobachtungen siehe ebd. (8.14–17; 11.208).

¹¹⁶ „Maar om de waarheid te zeggen aan UE. zonder grootspaak, meermalen hindert mij de veelvuldigheid der bezoeken als een ondragelijke last, terwijl slechts weinigen gevonden worden, in staat om de zaken, die met zeer grote aandacht willen worden waargenomen, te beschouwen, zoals nodig is.“ — „But to tell the truth to your Honour without boasting, the frequency of these visits often harasses me as an intolerable burden, while only a few are found capable of considering things, as is needful, that require to be observed with the very greatest attention“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 8.180–181). S.a. den dementsprekenden Tadel als auch das Lob für einen seiner Zeichner (ebd. 6.306; 11.290; 12.240–243).

¹¹⁷ „Seeker Geneesmeester stelde mij eenige tijd geleden ter hand, een papierke waar in lagen eenige weijnige ronde stukjens [...] en versogt mij dat ik die wilde examineren wat stoffe dat het was, met verder bij voeginge, dat ik deselve seer nauw moete bewaren, waar op ik die niet wilde aan nemen. Seggende tegens den Heelmeester, dat ik die niet en wilde onder soeken, of ik most na mijn wel gevallen, daar mede leven, en selfs die ontstukken breken.“ — „Some time ago a certain Physician handed me a small piece of paper, in which lay a few round pieces [...] and he requested me to examine what sort of substance it was, and further adding that I was to preserve the same with the greatest care; whereupon I refused to accept them. Saying to the Physician that I did not wish to examine them unless I could deal with them as I thought fit, and even break them up“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 8.208–209).

¹¹⁸ Zur Beobachtung von *Animalcula* schrieb Leeuwenhoek: „De diertgens die ik doorgaens, eijronde diertgens heb genoemd, en vertoonen geen eijront, ten sij men deselve op haer rugh of boven lijf aenschout, en gelijk het observeren, bij na een studie op sijn selven is, soo heb ik alsnu dese diertgens mij seer aerdig op sijn vertoont [...] over welke volmaektheijt, van dit kleinje diertge ik mij seer verwonderde, en ten ware de menigvuldige vaste delen, die in het simpel water sijn, mij niet hinderde, ik soude de diertgens distincter connen beschrijven.“ — „The animalcules

Hinsichtlich des Status seiner eigenen Beobachtungen als Information für andere Forscher vertrat Leeuwenhoek eine widersprüchliche Einstellung: Einerseits betonte er vor allem zu Beginn seiner Korrespondenz immer wieder, dass seine Beobachtungen durch Untersuchungen anderer Forscher korrigiert werden konnten und auch sollten.¹¹⁹ Dennoch war er auf der Ebene der Schlussfolgerungen nicht bereit, Kritik von Anderen zu akzeptieren, sondern erklärte schlichtweg, dass er sich schließlich aufgrund seiner eigenen Erfahrung in der denkbar besten Position befand, um ausgehend von seinen Untersuchungen Vermutungen anzustellen; im Gegensatz zu seinen Kritikern.¹²⁰ In Übereinstimmung damit stilisierte er seine eigene Forschung des öfteren als das Streben eines Individuums nach der Wahrheit gegen den Widerstand einer Allgemeinheit, die lieber überkommene Ansichten verteidigte, als selbst aktiv zu forschen. Als Motivation für weitere Forschung nannte Leeuwenhoek neben dem allgemeinen Zweifel an den gängigen Erklärungen zuweilen aber auch eine Skepsis gegenüber den eigenen Beobachtungen.¹²¹ Dennoch erwecken seine Beobachtungen gerade mit Bezug auf die technischen Aspekte des Beobachtens den Anschein, dass sie noch stärker als bei Swammerdam dazu dienen sollten, das Können des Beobachters hervorzuheben und ihn somit in positiver Weise von anderen Forschern abzugrenzen. Gerade angesichts Leeuwenhoeks Tendenzen zur Geheimhaltung kann von einem didaktischen Ziel jedenfalls nicht mehr die Rede sein. Vielmehr zeigt die zunehmende Rolle, die Leeuwenhoek sich selbst in seinen Briefen einräumt, dass die methodischen Ausführungen nicht nur zum Verständnis

which I have throughout called oval animalcules, are not really oval, unless one looks upon them on the back or upper part of their body; and as the making of observations is almost a study in itself, I have now exhibited these little animals to myself very prettily sideways [...] greatly marvelling at such perfection in this tiny creature, and [if] the multitude of solid particles, present in the unmixed water, [did not hinder me,] I could describe the little animals more distinctly“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 2.118–119; Übers. korrigiert). Noch deutlicher wird das Problem im Zusammenhang mit dem Blutkreislauf artikuliert: „[...] soo een over groot getal van kleijne bloet-vaaten lagen, waar door het bloet met een groote snelte liep, en ook circuleerde, dat het onmogelijk is dat wij ijemand (die zelfs geen oog getuijge daar van geweest heeft) het kunnen doen begriipen.“ — „[...] there lay such an exceedingly large number of small blood-vessels, through which the blood ran at great speed, and also circulated, that it is impossible for us to make anybody (who has not himself been an eye-witness to it) understand it“ (ebd. 8.112–113; s.a. 3.22).

¹¹⁹ Leeuwenhoek (1939–1999, 1.142–145, 202, 290, 330; 2.38, 164, 356; 4.10).

¹²⁰ „[...] soo heb ik egter weder alhier eenige van mijne consideratien tusschen gelast, om dat ik mij inbeeld, dat bij aldien ik bequaam was om wel te oordeelen, meerder ligt uijt mijne observation soude konnen schuppen, als anderen die van sodanige stoffe niet gehoort veel min gesien hadden.“ — „[...] I have nevertheless again interspersed in this missive some of my reflections, because it seems to me that, if I am qualified to judge at all, I am in a better position to draw conclusions from my observations than would be others who had never heard of such matter, let alone seen it“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 5.64–65). S.a. die Kritik an Griendel, dem Leeuwenhoek vorwarf, seine Vermutungen bereits vor den Beobachtungen aufgestellt zu haben (ebd. 7.48).

¹²¹ „Hier op moet ik al weder seggen, dat men veel menschen vint die haar alleen schijnen af te rigten om tegen te spreken, en haar oude doolingen te volgen, en zelfs te traag sijn, om eenig ondersoek te doen, te meer om dat het na-vorschen van natuurlyke saken veeltjys moeylyk valt, en haar geen gelt inde beurs bringt [...]“ — „To this I must say once again that there are found many people who seem only to apply themselves to contradicting others and to persisting in their old errors, and who are themselves to indolent to make any investigation, the more so because research into matters of nature is often difficult and does not bring money into their purse“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 9.220–221). Für weitere Bezüge auf Irrtümer anderer siehe ferner ebd. (1.272; 2.26–29, 32–35, 232, 240, 242, 250, 314, 328–335, 346, 356–359, 412; 3.18–21, 96–103, 122–121, 260, 390; 4.6, 69–71, 150, 190–195; 5.24, 144–151, 156, 168–171, 206, 318–321; 7.6, 34, 48, 84–87, 344–351; 8.14–17, 54–57, 184, 202, 296–315, 322; 9.24–27, 140–145, 162–165, 220, 256–259, 274, 290; 10.28, 48–63; 90–95, 124, 128, 130, 158–161, 176, 242, 250; 11.178–181, 208–217; 11.314–317; 12.72, 88–91, 94, 152–159, 294–309, 370–373; 13.44, 128, 232–235, 238–241, 368, 376–379). Die positiven Verweise auf andere Forscher fielen dagegen eher gering aus (ebd. 3.184; 6.56; 8.312; 12.356; 15.338; 13.116). Zum Selbstzweifel als Motivation siehe ebd. (2.334–337; 6.18; 9.156, 220; 15.301, 316, 326).

oder gar der Überprüfung der Untersuchungen helfen sollen, sondern auch eine präventive Rechtfertigung des Beobachters darstellten.

Leeuwenhoek, Swammerdam und auch Malpighi glichen sich darin, dass ihre Beobachtungen durchweg durch die Entwicklung von individuellen, technisch anspruchsvollen Vorgehensweisen gekennzeichnet waren. Dementsprechend wurde der Prozess der Untersuchungen nun auch in den Schriften deutlich detaillierter als zuvor geschildert. Zudem wuchs das Bewusstsein, dass die Methoden Einfluss auf die Beobachtungen haben konnten und für die Probleme, Hindernisse und Widersprüche, die während der Beobachtungen auftraten, mit verantwortlich waren. Hierbei wurde zumindest von einigen Forschern auch erkannt, dass ihre individuelle Vorgehensweise die Beobachtungen soweit prägte, dass sie für andere Wissenschaftler fast nie vollständig nachvollziehbar waren.

Insofern spielte auch die Reproduktion von Beobachtungen anderer Forscher weiterhin nur eine sehr geringe Rolle: Zwar versuchte beispielsweise Swammerdam, an die Beobachtungen Malpighis anzuschließen, hierzu fehlten jedoch wie in den meisten Fällen grundlegende Informationen, das heißt eine ausreichende Einsicht in die individuellen Techniken und Methoden anderer Forscher. Viel präziser als der Anschluss an frühere Untersuchungen war daher die Idee, Beobachtungen aus der eigenen Perspektive zu korrigieren. Auch hier bestand aber das Problem, dass die jeweiligen Ergebnisse aufgrund der zum Teil sehr verschiedenen Ansätze nur sehr eingeschränkt miteinander zu vergleichen waren. Hinzu kam, dass ein Beobachter wie Leeuwenhoek, der sich seiner technischen Fertigkeiten durchaus bewusst war, kaum für Kritik empfänglich war. Letztlich war also das mikroskopische Beobachten durch die zunehmenden technischen und zeitlichen Erfordernisse zu einer Tätigkeit geworden, die eigentlich nur noch dem jeweiligen Beobachter vollkommen einsichtig war und die ihn gleichzeitig so sehr vereinnahmte, dass die damit entstehenden Probleme hinsichtlich der Kommunikation und Bewertung des entstehenden Wissens vorerst nicht gelöst werden konnten. Dabei spielte auch eine Rolle, dass sich die Rhetorik der Beobachtungen auf der methodisch-technischen Ebene grundlegend verändert hatte: Nachdem Hooke die Beobachtungstechniken und -instrumente explizit unter der Fragestellung der Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit verhandelt hatte, besaß dieser Anspruch für spätere Forscher scheinbar nur eine geringe Bedeutung. Stattdessen nutzten die Beobachter nun die Möglichkeit technischer Anmerkungen zunehmend zur Rechtfertigung ihrer Forschung oder im Extremfall ihrer selbst. Das Problem des Anschließens an fremde Beobachtungen resultierte also zu einem nicht unerheblichen Teil auch daraus, dass die Überprüfbarkeit nicht mehr das primäre Ziel derartiger Ausführungen in den Beobachtungen war.

4.2.5 Die Grenzen der Beobachtung

Ein weiterer Aspekt, der Forscher wie Malpighi und Leeuwenhoek von ihren Vorgängern und Zeitgenossen unterschied, bestand darin, dass sie im Laufe ihrer Untersuchungen auch immer wieder mit den Grenzen ihrer eigenen Fähigkeiten beziehungsweise der technischen Machbarkeit konfrontiert wurden. Dadurch gelangten sie letztlich hinsichtlich dessen, was durch mikroskopische Beobachtungen überhaupt herausgefunden werden konnte, zu einer deutlich negativeren Einschätzung, als noch von ihren Vorgängern eingenommen worden war: Trotz der eher reservierten Haltung, die Bacon gegenüber den Möglichkeiten des Mi-

kroskops an den Tag gelegt hatte, beinhalteten seine Ausführungen doch auch einen gewissen Optimismus hinsichtlich der Möglichkeiten weiterer technischer Entwicklungen.¹²²

Eine ähnlich erwartungsvolle Haltung lässt sich noch bis in die 1660er Jahre bei Forschern wie Borel oder Power erkennen und drückt sich am deutlichsten darin aus, dass diese es für möglich hielten, mit verbesserten Mikroskopen irgendwann einmal die elementaren Partikel der Materie beziehungsweise Atome sichtbar zu machen.¹²³ Zugleich wurde aber, vermutlich ebenfalls als Ausdruck derartiger Hoffnungen, der Begriff „Atom“ bereits in den Beobachtungen benutzt, um kleine Kugelformen zu beschreiben. Somit wurde es zuweilen unverständlich, ob in solchen Momenten lediglich der Eindruck des Gesehenen wiedergegeben werden sollte, oder ob die jeweiligen Beobachter tatsächlich meinten, sie hätten Atome gesehen.¹²⁴ Durch die deskriptive Verwendung des Begriffes war es aber möglich, sich den Konzepten des Atomismus wenigstens anzunähern, auch wenn sie mit den vorhandenen Instrumenten „noch nicht“ sichtbar gemacht werden konnten: Es bestand aus Sicht einer ganzen Reihe von Beobachtern eine Ähnlichkeit zwischen den Formen, die mit dem Mikroskop erkennbar wurden, und den Vorstellungen aus den korpuskularphilosophischen und atomistischen Theorien. Dies stellte zunächst in Aussicht, dass sich eine ähnliche Übereinstimmung auch bei stärkerer Vergrößerung einstellen würde. Ferner konnte diese scheinbare Korrespondenz zwischen Theorie und Beobachtungen aber auch in ihrer vorliegenden Form schon benutzt werden, um gegenüber Skeptikern für den Atomismus zu agitieren.

Allerdings sollte die Hoffnung darauf, die elementaren Korpuskel der Materie sichtbar zu machen, nur kurz darauf beträchtlich abnehmen: Zwar finden sich Bemerkungen ähnlichen Inhalts auch noch bei Robert Hooke, diese hatten aber keinen unmittelbaren Bezug mehr zum Mikroskop. Vielmehr standen sie im Zusammenhang mit einer allgemeiner gefassten Vorstellung von der Entwicklung und Verbesserung wissenschaftlicher Instrumente. Auch wenn Hooke im Gegensatz zu den meisten seiner Zeitgenossen und Vorgänger relativ konkrete Ideen hatte, wie die Optik von Mikroskopen durch den Einsatz von ellipsenförmigen Linsen hätte optimiert werden können, sah er doch die Möglichkeit bis zu den elementaren Strukturen und Partikeln vorzudringen höchstens in der Konzeption gänzlich neuer Instrumente, die sich von den bisherigen grundlegend unterscheiden müssten.¹²⁵ Übereinstimmend mit diesem Wissen um die Begrenztheit der dioptrischen Instrumente, erwähnte Hooke auch in einigen seiner Beobachtungen, dass er in verschiedener Hinsicht bereits an die Grenzen des Machbaren gestoßen war: Zum einen konnten mit dem Mikroskop bei einigen Beobachtungen schlichtweg keine Informationen hinsichtlich der Fragen gewonnen

¹²²Siehe das Zitat oben (S. 22, Fn.), welches das Potential des Mikroskops trotz gegenwärtiger technischer Probleme betont.

¹²³Siehe entsprechende Bemerkungen bei Borel (1656a, *Centuria, Dedicatio; Praefatio admonitoria*) und Power (1664, *Preface* (16–17)).

¹²⁴Am deutlichsten werden die zwei Bedeutungsebenen, wenn sie direkt nebeneinander bestehen: „[...] hic tantum de Microscopio agere mens est, quo atomi visibiles quasi, & minuta insectula in molem Collosseam transmutantur; cujus ope, in atomis illis animatis partes innumerae deprehenduntur, novaeque physicae fores indies aperiuntur [...]“ (Borel 1656a, *Centuria, Dedicatio*). In den Beobachtungen lassen sich hingegen beide Ebenen zuweilen nur schwer eindeutig trennen (ebd. IV, VI, XXI, XXII, XXXVI). Das gleiche Problem besteht auch in Hinblick auf einige Passagen bei Power (1664, 8, 16, 22, 26, 50, 54, 57–58), auch wenn er an einer Stelle sogar explizit die vermeintlichen Beobachtungen von derartigen Partikeln als Täuschung bezeichnete (ebd. 43–44). Zum Atomismus bei Power siehe auch Lüthy (1995, 504–517).

¹²⁵„Tis not unlikely, but that there may be yet invented several other helps for the eye, as much exceeding those already found, as those do the bare eye, such as by which we may perhaps be able to discover *living Creatures* in the Moon, or other Planets, the *figures* of the compounding Particles of matter, and the particular *Schematisms* and *Textures* of Bodies“ (Hooke 1665, *Preface*).

werden, die ihn interessierten. So hatte er beispielsweise weder hinsichtlich der Farbe von Flüssigkeiten, noch in Bezug auf die Struktur von Steinen zufriedenstellende Ergebnisse erlangt. Zum anderen sah er sich in manchen Fällen von der Vielfalt mikroskopischer Formen überfordert und merkte an, dass es ihm schlichtweg nicht möglich war, alle mikroskopischen Pflanzen oder gar die verschiedenen Sandkörner, die er beobachtet hatte, zu beschreiben oder darzustellen.¹²⁶

In ähnlicher Weise sollte dann auch Malpighi wiederholt darauf hinweisen, dass es vor allem bei Pflanzen die Vielfältigkeit in den jeweiligen Strukturen unmöglich mache, die Beobachtungen mit einer zufriedenstellenden Menge an Details wiederzugeben. In anderen Fällen waren Teile der Mikrostrukturen nur schemenhaft zu erkennen oder aber die Strukturen bestanden in einer Anordnung von Elementen, die über die gleiche Form verfügten, aber in ihrer Größe bis unter die Grenze der Sichtbarkeit abnehmen konnten. Die entsprechenden Beschreibungen mussten somit letztlich unvollständig bleiben.¹²⁷ Malpighi kam in diesem Zusammenhang nicht umhin zu bemerken, dass es der Natur deutlich leichter fiel, derartige Strukturen im Kleinen zu erzeugen, als ihm, dieselben zu zerlegen und zu analysieren. Dies führte letztlich zum grundsätzlichen Problem, dass eine Kenntnis der Natur in ihren elementaren Zusammenhängen, wie sie etwa Borel oder Power noch angestrebt hatten, aus Malpighis Perspektive eigentlich ausgeschlossen war. Dementsprechend forderte er auch an anderer Stelle ein pragmatisches Vorgehen in den Beobachtungen, das heißt eine Zerlegung der Objekte in so kleine Elemente, wie es eben möglich war, und schloss eine wie auch immer geartete Beobachtung von Atomen grundsätzlich aus.¹²⁸

Auch Grew strebte zwar im Grunde nach Wissen über die prinzipiellen, materiellen Ursachen für die spezifischen Eigenschaften von Pflanzen, sah jedoch hierfür mikroskopische Beobachtungen scheinbar nicht als ein besonders erfolgsversprechendes Mittel an. Stattdessen sollte dieser Bereich über chemische Versuche mit den Inhaltsstoffen der Gewächse erschlossen werden.¹²⁹ Bereits früh hatte also auch Grew festgestellt, dass das Mikroskop nur hinsichtlich bestimmter Sachverhalte verwertbare Informationen lieferte. Daneben erwähnte er aber, ähnlich wie Hooke und Malpighi, in den Beobachtungen auch die Probleme, die

¹²⁶Hooke (1665, 78, 80, 97, 135).

¹²⁷Hinsichtlich der unüberschaubaren Vielfalt bei Pflanzen siehe Malpighi (1687, 1.48, 50, 58; 2.322), zu nicht erkennbaren Strukturen ebd. (1.41, 124, 127, 147, 151; 2.82, 83, 115, 166, 230, 300-301). Eine Verkleinerung der Strukturen bis ins Unsichtbare wurde bei der Untersuchung einer Opuntie sowie bei der Zungenwurzel bemerkt (ebd. 1.52; 2.169).

¹²⁸„Paucis, & his quidem minimis, contenta est Natura, etiam dum ingentes operosa excitat moles; quare qui rem altius rimantur, in haec abunde resolvunt. Opportuniüs igitur, te iudice, amice Lector, fortasse fuisset, postquam rerum atomas differentias non licuit attingere, copiosam saltem operandi Naturae segetem, singulâque phaenomena, quibus Vegetantium varietas mirabiliter universalem tellurem exornat, per extensum exponere, ut tu maturiori iudicio in pauca & minima satiüs resolveres [...]“ (Malpighi 1687, 1.17). – „Minimarum etiam nostri corporis partium necessariam existentiam diligens exploratio, & mirae inde emanantes actiones depraedant; tantümque fuit naturae studium in his compingendis, ut aequâ lance, tam exiguis, quàm ingentibus suae micrologiae munera contulit [...] Horum minimorum opificium non adeò naturae arduum contingit, ut nostrae intellectioni accidit; difficiliüs enim eorum legem mente concipimus, quam re ipsa à natura peragantur [...]“ (ebd. 2.248; s.a. 2.297).

¹²⁹„Nor are the *Natures, Faculties, and Contents of Vegetables* less various, or a particular Inspection hereinto, of less concernment. [...] it may be asked [...] what those *Materials* are, which are necessary to the *Being* of these *Qualities*; and those *Formalities*, wherein their *Essence* doth consist [...]“ (Grew 1682, *Idea*, 4). Das im späteren Verlauf des Textes erläuterte Vorgehen umfasste dann in erster Linie chemische Verfahren, mit denen die Eigenschaften quasi auf makroskopischer Ebene festgestellt werden sollten, statt mikroskopische Partikel zu isolieren (ebd. 12–19).

entstanden, wenn es darum ging, die Teile von Strukturen zu beschreiben, die trotz Vergrößerung kaum oder nur gelegentlich zu erkennen waren.¹³⁰

Überraschenderweise scheinen derartige Hindernisse zumindest für Swammerdam keine große Rolle gespielt zu haben: Die einzige Beschränkung, die er in seinen Beobachtungen besonders hervorhob, war der bereits erwähnte zeitliche Aufwand der Untersuchungen. Dies dürfte auch daran gelegen haben, dass Swammerdam seine Entdeckungen mithilfe des Mikroskops als eine Reihe von Offenbarungen verstand, die sich aufgrund der Allmacht Gottes notwendigerweise unendlich fortsetzen lassen würde.¹³¹ Anstelle von Beschränkungen in den spezifischen Einzelfällen, welche seine unmittelbaren Zeitgenossen vermehrt hervorzuheben begannen, rückte also wieder das Potential des Instrumentes in den Vordergrund, wenn auch auf andere Weise als zuvor: Für Swammerdam, dessen Beobachtungen eben nicht im Kontext atomistischer Ideen standen, folgte erstens die Grenzenlosigkeit mikroskopischer Beobachtungen nicht aus eventuellen dioptrischen Weiterentwicklungen, sondern bestand bereits in der Fülle der Natur, die es eben mit den vorhandenen Mitteln zu erforschen galt. Zweitens wurde diese Fülle nicht als Hindernis für die Forschung verstanden.

Da für Leeuwenhoek korpuskularphilosophische Konzepte wieder eine größere Relevanz hatten, trat auch die Frage nach der Sichtbarkeit von Partikeln oder Atomen wieder stärker in den Vordergrund. Dies führte wiederum zum Eindruck, dass die Beobachtungen trotz der Verwendung von Mikroskopen nicht immer soweit vordrangen, wie man es sich vielleicht erhofft hatte. Wie bei Leeuwenhoeks unmittelbaren Vorgängern waren selbst bei starker Vergrößerung einige Partikel aufgrund ihrer Kleinheit nur schemenhaft zu erkennen.¹³²

Allerdings zeigten sich in einzelnen Untersuchungen auch andere, konkretere Probleme, etwa wenn der Blutfluss durch die Haut von Lebewesen beobachtet werden sollte, diese jedoch zu dick hierfür war, oder wenn die Samen-Animalcula im Verlauf der Zeit aufhörten sich zu bewegen und deswegen nur noch schwer zu erkennen waren.¹³³ Vor allem im Zusammenhang mit seinen Untersuchungen an Samenflüssigkeiten entwickelte Leeuwenhoek dann auch die Überzeugung, dass es eine grundsätzliche Grenze für mikroskopische Beobachtungen gäbe und die grundlegenden Prozesse und Strukturen der Natur für den Menschen nicht erreichbar wären. Folglich würde auch die Menge des erlangbaren Wissens grundsätzlich niemals die Menge der verbleibenden Geheimnisse überschreiten.¹³⁴

Während also Bacon noch eine reservierte aber grundsätzlich optimistische Haltung hinsichtlich der Möglichkeiten des Mikroskops vertreten hatte, hofften diejenigen Forscher, welche dem Atomismus nahestanden, zunächst darauf, dass es durch immer besser werdende Mikroskope möglich werden würde, Korpuskel und Atome sichtbar zu machen und somit ihre Theorien durch direkte Beobachtungen empirisch zu bestätigen. Allerdings setzte schon bald darauf eine Gegenbewegung ein, deren Vertreter es trotz eigener Fortschritte auf technischem Gebiet nicht mehr für machbar hielten, eine bestimmte Grenze mit dem Mikro-

¹³⁰Grew (1682, 62, 121, 166).

¹³¹Ruestow (1996, 143–145).

¹³²Leeuwenhoek (1939–1999, 1.238; 2.380; 11.14; 14.192–213; 15.148).

¹³³Leeuwenhoek (1939–1999, 8.192–195; 10.28, 52).

¹³⁴„En hoe wij dieper en dieper, de verborgentheden soeken op te delven, hoe wij minder en minder, kunnen begrijpen, de hoe kleijnheit van saaken, waar uijt alle lighamen sijn te samen gestelt.“ — „And the deeper and deeper the mysteries we endeavour to disclose, the less can we understand the smallness of things of which all bodies are composed“ (Leeuwenhoek 1939–1999, 9.66–67). Siehe auch ebd. (1.310; 10.222–225; 11.238; 12.304; 13.240; 14.242; 15.110).

skop zu überschreiten, gerade weil sie selbst in ihren Untersuchungen wiederholt mit Phänomenen am Rande der Sichtbarkeit konfrontiert wurden. Eine Ausnahme stellte in dieser Hinsicht Swammerdam dar, für den auch hier wieder eher seine religiösen Überzeugungen als naturphilosophische Theorien seine eigene Einschätzung seiner Beobachtungen bedingten. Parallel zum Pessimismus der Beobachter regte sich zudem von Seiten der Philosophie Kritik an der Mikroskopie: Während die Forscher selbst nie die grundsätzliche Verlässlichkeit ihrer Untersuchungen bezweifelt hatten, mehrten sich hier die Zweifel daran, ob mit dem Mikroskop überhaupt gesicherte Beobachtungen angestellt werden könnten. Die zahlreichen Verweise auf technische Schwierigkeiten und Unsicherheiten in den Beobachtungsberichten bildeten sicher nicht die beste Grundlage, um gegen solche Überlegungen zu argumentieren.¹³⁵

Aber auch jenseits dieser Probleme wurden den späteren Benutzern des Mikroskops zunehmend klar, dass ihnen die Mittel fehlten, um mit der Menge und Verschiedenheiten an Eindrücken in einer Weise umzugehen, die gleichermaßen das Spezifische berücksichtigte und Abstraktionen erlaubte. Nachdem Systematisierung und Klassifikation von vorneherein kaum eine Rolle für die meisten Forscher gespielt hatten, wurde nun das Fehlen eines wie auch immer gearteten Systems zur Ordnung der beobachteten Phänomene zu einem zentralen Problem, das aber erst von der nächsten Generation von Forschern angegangen werden sollte.¹³⁶

In diesem Punkt zeigt sich vielleicht am deutlichsten, dass sich trotz einiger allgemeiner Übereinstimmungen, wie der zunehmenden Distanz zu etablierten wissenschaftlichen Traditionen, der Rolle von Analogien oder des Zusammenhangs von Techniken und Wahrnehmungskonzepten, keine praxisbezogenen Stile bildeten: Diese vermeintlichen Gemeinsamkeiten hatten nicht nur eine immer stärker werdende Diversifikation des Beobachtens zur Folge, sie führten letztlich auch dazu, dass die Forscher kaum noch Interesse daran hatten, ihre Arbeitsweise an andere weiterzugeben. So wenig wie es eine gemeinsame Tradition und eine personenübergreifend prägende „Reihenfolge des Erkennens“ gab, existierte also die Bestrebung zur „Erziehung“ von weiteren Beobachtern.

¹³⁵Hinsichtlich dieser Diskussion, an der sich scheinbar kaum Personen beteiligten, die praktisch mit dem Mikroskop arbeiteten siehe Wilson (1995, 215–250).

¹³⁶Ratcliff (2009).

Kapitel 5

Resümee

5.1 Historiographische Bemerkungen

In der vorliegenden Studie wurde versucht, mikroskopisches Beobachten als eine Forschungspraxis in ihren Anfängen zu analysieren. Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass eine derartige Perspektive nur deshalb möglich war, weil in diesem speziellen Fall viele Quellen zumindest Teile des Beobachtungsprozesses in expliziter Weise schildern. Erst indem viele vereinzelte Details zusammengefügt wurden (von denen nebenbei bemerkt letztlich nur ein Bruchteil in den Text mit einfluss), war es möglich, Beobachtungen als Prozesse nachvollziehbar zu machen, statt nur ihre Ergebnisse miteinander zu vergleichen.

Dabei muss allerdings berücksichtigt werden, dass den Schilderungen der Vorgehensweise in vielen Fällen auch rhetorische Motive zugrunde lagen. Grundsätzlich könnte man auch den Einzug narrativer Passagen in die Beobachtungsberichte überhaupt als Stilmittel werten, das dazu gedient haben könnte, die Untersuchungen und ihre Ergebnisse durch Veranschaulichung gegen potentielle Zweifel zu stärken. Dagegen sprechen aber einerseits die sich mehrenden Hinweise auf Fehler und Irrtümer von Seiten der Forscher. Andererseits müsste bei einem solchen Verdacht die Gegenfrage erlaubt sein, welchem Zweck denn eine derartige, hauptsächlich rhetorische Textgestaltung verfolgt hätte. Die zuweilen indifferente Haltung der Forscher hinsichtlich der Interpretationen ihrer Beobachtungen beziehungsweise deren geringe Konklusivität in Bezug auf seinerzeit debattierte Fragen weisen jedenfalls eher darauf hin, dass die Beobachtungsberichte, abgesehen von der unmittelbaren Rechtfertigung der Vorgehensweise, in den meisten Fällen keine rhetorischen Ziele verfolgten.

Macht man also die Beobachtungsberichte zum Ausgangspunkt, führt dies zu einem Bild der Geschichte der Mikroskopie, das sich in einigen Punkten grundlegend vom früheren unterscheidet: Historiographien, welche die Mikroskopie eher unter einem geistesgeschichtlichen oder soziokulturellen Schwerpunkt sehen, zeichnen zumeist eine mehr oder weniger geradlinige und allgemeingültige Entwicklung nach, für die vor allem die Wechselwirkung von begrifflicher und praktischer Ebene von Bedeutung ist. Hierzu werden Quellen aus beiden Bereichen hinsichtlich der Verwendung von Begriffen beziehungsweise der Einbindung von Beobachtungsberichten untersucht, so dass beispielsweise festgestellt werden kann, dass atomistische Ideen die Voraussetzung für ein Interesse an Mikrostrukturen bildeten, während letztere wiederum in rhetorischer Weise benutzt werden konnten, um für den Atomismus zu argumentieren.

Demgegenüber zeigt ein Blick auf die Praxis die Mikroskopie als ein sehr heterogenes, ja individualistisches Betätigungsfeld, in dem sich Entwicklungen nur in vagen Tendenzen, aber kaum als tatsächliche Kontinuitäten vollzogen. Von Bacons ersten Befürchtungen zu Leeuwenhoeks kontroversen Entdeckungen hatte sich das Beobachten grundlegend verändert: Aus kurzfristigen Untersuchungen in engem Zusammenhang mit Fragestellungen aus

verschiedenen Kontexten waren spezialisierte Studien mit hohem Zeitaufwand geworden, die sich weniger an etablierten Themen als an einer starken Eigendynamik ausrichteten. Diese Entwicklung äußert sich neben den Themen oder Fragen für die Beobachtungen auch in einem veränderten Umgang mit den Objekten und den verschiedenen Techniken, die bei den Untersuchungen benutzt wurden.

Die gravierenden Unterschiede, die sich in allen drei Feldern der Praxis zwischen den einzelnen Forschern zeigen, weisen letztlich deutlich darauf hin, dass die bisherige Periodisierung der Geschichte der Mikroskopie nicht für die praktischen Aspekte gilt: Einerseits bestehen zuweilen Kontinuitäten zwischen Akteuren, die gemeinhin verschiedenen Perioden zugeordnet werden, andererseits zeigen sich aber auch erkennbare Unterschiede in Bezug auf Forscher, zwischen denen anhand des Zeitraumes ihrer Untersuchungen und ihrer groben thematischen Ausrichtung bisher eher Zusammenhänge konstatiert wurden.

Im Vergleich beider Historiographien mag es vielleicht als unbefriedigend erscheinen, dass in dieser Arbeit für die spezifischen Praktiken zwar eine beträchtliche Menge Eigenheiten und Details herausgearbeitet werden konnte, aber hinsichtlich der Ursachen für die allenthalben auftretende Individualität keine andere Ursache angegeben werden kann, als die innere Dynamik des Beobachtens, also das Wechselspiel von Fragestellungen, Objekten und Methoden. Gerade darin liegt jedoch ein zentraler, aber bisher eher implizit verhandelter Punkt dieser Arbeit: Die soziokulturellen und geistesgeschichtlichen Faktoren, die gemeinhin für die Entwicklung der frühen Mikroskopie angegeben werden, können ausgehend von den Quellen in der Regel *nicht* in einen direkten Zusammenhang mit spezifischen mikroskopischen Praktiken gebracht werden. Dies deutet sich bereits im Umstand an, dass sich selbst die Forscher, die über einen vergleichbaren kontextuellen Hintergrund verfügten, in ihrer Vorgehensweise voneinander unterschieden. Spätestens in konkreten Fällen, wie etwa den Vergleichen verschiedener Organstrukturen bei Malpighi oder den technischen Bedingungen von Leeuwenhoeks *Animalcula*-Beobachtungen, wird dann deutlich, dass die zunehmende Verstrickung der Forscher in das Beobachten, wenn überhaupt, nur minimale äußere Einflüsse zuließ und in allen Aspekten stark von internen, jeweils individuellen Faktoren bestimmt wurde.

Beide Perspektiven ergänzen einander also letztlich: Während bestimmte geistesgeschichtliche Strömungen und soziale Bedingungen im Allgemeinen die mikroskopische Forschung entweder fördern oder behindern konnten, folgte die eigentliche Forschungspraxis vor allem individuellen Gegebenheiten. Es stellt sich diesbezüglich allerdings noch die Frage, warum die überindividuellen Tendenzen, die sich hinsichtlich der Fragestellungen, der beobachteten Objekte und einiger methodischer Überlegungen, zuweilen feststellen lassen, trotz der Zugehörigkeit der Forscher zu kommunikativen Netzwerken nicht zu einer stärkeren Vereinheitlichung der Forschung beziehungsweise zur Entstehung eines Beobachtungsstiles im Sinne von Fleck und Heering geführt haben.

5.2 Kontextuelle Bedingungen

Die Fragen, an denen sich die mikroskopischen Beobachtungen orientierten, stammten zunächst eindeutig aus den Bereichen Naturphilosophie, Naturgeschichte und Medizin. Die Beziehung zwischen diesen Kontexten und der Forschungspraxis veränderte sich jedoch nach und nach.

In der Naturphilosophie dominierte zunächst eine gewisse Skepsis gegenüber dem Mikroskop. Die Beobachtungen, die später ausgehend von Themen aus diesem Kontext angestellt wurden, weisen nur eine geringe Dynamik auf und scheinen eher stagniert zu haben. Schließlich traten sie zugunsten von Beobachtungen, die ihre Fragen eher aus einer Auseinandersetzung mit bestimmten Objekten gewannen, zum größten Teil in den Hintergrund. Ein gewisser Einfluss naturphilosophischer Konzepte blieb eher in Versuchen, mikroskopische Beobachtungen zu ordnen und aufeinander zu beziehen, bestehen.

Auch von Seiten der Naturgeschichte gab es zunächst scheinbar nur ein geringes Interesse an mikroskopischen Beobachtungen. Untersucht wurden anfänglich lediglich einige Detailfragen, die in engem Bezug zum bisherigen naturhistorischen Wissen standen. Bei späteren Beobachtungen an den gleichen Objekten nahm diese Bindung jedoch schrittweise ab, weil vermehrt Perspektiven eingenommen und Techniken angewendet wurden, die ihren Ursprung in den anderen beiden Traditionen hatten. Zudem wurden die Objekte zunehmend weniger anhand von systematischen Gesichtspunkten als durch Analogien zueinander in Bezug gesetzt.

In ähnlicher Weise etablierte sich das Mikroskop auch zunächst nur für einige wenige, eng gefasste medizinische Themen, deren Untersuchung aber so wie bei der Naturphilosophie im Laufe der Zeit zu stagnieren begann. Neuere Fragestellungen wurden eher von Außenseitern formuliert und verfolgt, blieben für den Großteil der Forscher allerdings ohne Belang. Die engeren kontextuellen Bezüge verloren sich auch in diesem Bereich nach und nach, während sich an ihrer Stelle mehr und mehr eine auf Eigendynamik und Analogien basierende, oft explorative Vorgehensweise durchsetzte.

Für alle drei Bereiche lässt sich also feststellen, dass anfänglich Vorbehalte gegenüber den Möglichkeiten bestanden, die mikroskopische Beobachtungen boten, und dass sich Forscher mit einer engeren Bindung an diese kontextuellen Traditionen scheinbar nur begrenzt für letztere interessierten: Für die zentralen Themen der drei angeführten Kontexte und ihre jeweilige Forschungspraxis hatten Mikrostrukturen nur eine geringe Relevanz. Außenseiter oder Grenzgänger entwickelten hingegen neue Ansatzpunkte für Beobachtungen, und es entwickelte sich schließlich *zwischen* den Traditionen eine individuell ausgeprägte Praxis mit eigenen Fragestellungen.

Aber auch die Art und Weise, in welcher die Beobachtungen mit dem Gedankengut der einzelnen Traditionen in Verbindung gesetzt wurde, veränderte sich: Wurden die Beobachtungen zunächst als rhetorisches Mittel benutzt, um bestehende Theorien und Konzepte zu untermauern, bezog man sie nun entweder aus rhetorischen Gründen auf die einzelnen Traditionen, auch wenn sie weder inhaltlich noch in ihrer Vorgehensweise mit diesen übereinstimmten, oder man grenzte sich eben deshalb explizit von ihnen ab. An Stelle des bestehenden Wissens wurden nun eigene Beobachtungen aus verschiedenen Bereichen zum neuen Bezugspunkt für die Akteure, während man den Untersuchungen anderer Forscher ausgehend von etwaigen Unterschieden vor allem mit Skepsis oder Kritik begegnete.

Eine *gemeinsame Tradition* als zentralen Faktor von Beobachtungsstilen im Anschluss an Fleck beziehungsweise Heering, gab es diesen Entwicklungen zufolge also deswegen nicht, weil die bestehenden Kontexte von vorneherein nur einen schwachen und unspezifischen Einfluss für die Forscher darstellten, der schließlich fast vollständig hinter den individuellen Bedingungen zurücktrat, unter denen sie arbeiteten und die sie zu weiten Teilen selbst gestaltet hatten.

5.3 Abhängigkeit von Beobachtungen voneinander

Auch die Perspektive, unter welcher die Beobachtungsobjekte studiert wurden, der praktische Umgang mit ihnen und ihre Beziehungen zu anderen Gegenständen veränderten sich in verschiedener Weise.

Pflanzen wurden zuerst vor allem wegen der spezifischen Eigenschaften einiger Arten untersucht, spätere Forscher versuchten hingegen, ihre Strukturen zu abstrahieren und stellten über Vergleiche und Analogien Verbindungen zu anderen Lebewesen her. Die damit einhergehende Mehrdeutigkeit trug mit dazu bei, dass die Forschung dabei jeweils individuellen Entwicklungen folgte.

Für die Beschreibung von Insekten spielten dagegen Vergleiche zuerst eine wichtige Rolle, traten dann aber sukzessive in den Hintergrund, als sich die Beobachtungen stärker auf die Prozesse der Fortpflanzung und Metamorphose sowie das Verhalten der Tiere konzentrierten. Im gleichen Zug wurden die Beziehungen zwischen verschiedenen Insekten oder zu anderen Lebewesen und Objekten in den Beobachtungen immer seltener thematisiert. Auch hier entwickelten sich jeweils individuelle Schwerpunkte in den Untersuchungen.

Die anatomischen Beobachtungen weisen wiederum eine andere Entwicklung auf: Nachdem in früheren Studien vor allem spezifische Organe im Inneren des Körpers verschiedener Lebewesen nachgewiesen wurden, beschäftigten sich spätere Untersuchungen zunehmend mit den Strukturen einzelner, aus dem Körper heraus gelöster Organe. Gleichzeitig verlagerten sich die Beobachtungen zunehmend auf größere Lebewesen. Das Muster, in dem Bezüge zwischen den Objekten hergestellt wurden, blieb dabei aber im Grunde genommen unverändert: In beiden Fällen wurden die Strukturen, sei es des gesamten Körpers oder einzelner Teile, als Repräsentanten von universellen anatomischen Formen verstanden. Eine Zuspitzung erfuhr dies in dem Versuch einiger Forscher, alle Organstrukturen auf dieselben Grundelemente zu reduzieren. Die geringe Reichweite der Analogien, die in diesem Zusammenhang aufgestellt wurden, hatte allerdings zur Folge, dass kaum etwas ihre jeweiligen Funktionen ausgesagt wurde, was eventuell als gemeinsamer Bezugspunkt der Beobachtungen hätten dienen können.

Bezüglich der mikroskopischen Lebewesen kann festgestellt werden, dass diese zuweilen in Beobachtungen bemerkt wurden, die gänzlich andere Ziele hatten. Zu Beginn gingen die Forscher davon aus, dass zwischen ihnen und den Stoffen, die sie umgaben, eine starke Abhängigkeit bestand. In späteren Beobachtungen wurden derartige Beziehungen jedoch erst hinterfragt und dann letztlich aufgelöst, nachdem man auf verschiedene Weise in sie eingegriffen hatte. Im Anschluss versuchte man dann verstärkt, die somit gewissermaßen emanzipierten Animalcula dadurch besser zu verstehen, dass man sie über Analogien mit größeren Lebewesen in Verbindung setzte. In diesem Fall hatten Analogien nach einem anfänglichen Fehlen von Bezugspunkten zu einem fundamentalen Perspektivwechsel geführt.

Für bestimmte Klassen von Objekten lassen sich also neben den individuellen Tendenzen der Forscher allgemeine, grundlegende Veränderungen in der Perspektive erkennen, die mit der zunehmenden Entkontextualisierung der Beobachtungen einhergingen. Dabei lässt sich vor allem der Wandel von Beziehungen zwischen verschiedenen Objekten als zentrales Moment festmachen: Während die Beziehungen zwischen Objekten und ihrer Umgebung im Zuge der Beobachtungen zweifelhaft erschienen und zum Teil schließlich aufgelöst wurden, blieben Vergleiche von Mikrostrukturen mit den Formen größerer Objekte in den meisten Fällen ein durchgängiges Mittel zur Beschreibung. Analogien, die darauf abzielten, Prozes-

se innerhalb der beobachteten Strukturen zu erschließen, wurden hingegen ausgehend von den Untersuchungen verschiedener Objekte immer wieder neu aufgestellt und aufgelöst. Die solchen Analogien innewohnende Ambivalenz trug grundlegend mit dazu bei, dass die Forscher angesichts einer fehlenden übergeordneten Instanz ihre Beobachtungen mehr und mehr in jeweils individuelle Richtungen fortführten.

Jenseits der im engeren Sinne technischen Aspekte, das heißt der Vergrößerung und bestimmten materiellen Verfahren im Umgang mit den Objekten, stellten Analogien das zentrale *heuristische* Mittel mikroskopischer Beobachtungen dar. Es lässt sich jedenfalls in den Quellen kaum eine über die unmittelbare Erfahrung hinausgehende Aussage finden, die nicht in Analogien bestünde, auch wenn sich bei Hooke und in einigen Beobachtungen Leeuwenhoeks auch mechanistische Modelle finden lassen.¹

Zusätzlich zu diesem Erschließen von Strukturen und Prozessen über Vergleiche und Analogien, entstanden gewissermaßen in einigen Beobachtungen die Objekte überhaupt erst, indem verschiedene *Animalcula* von den Stoffen und Partikeln in ihrer unmittelbaren Umgebung *unterschieden* wurden und spezifische Teile von Organstrukturen als deren Grundelemente *interpretiert* wurden. In diesen speziellen Fällen, wie auch hinsichtlich der erwähnten Analogieschlüsse lässt sich feststellen, dass die mikroskopischen Beobachtungen eines Objektes *immer* in Beziehung zu vorangehenden Beobachtungen standen: Allen Beobachtungen mit dem Mikroskop geht die Kenntnis von Formen der makroskopischen Welt voraus. In ihnen bestehen zunächst die Mittel zur Beschreibung mikroskopischer Strukturen sowie erste Möglichkeiten zum Bilden von Analogien. Als weiterer möglicher Bezugspunkt kamen Bilder von abstrakten Objekten hinzu, wie sie aus korpuskularphilosophischen Abhandlungen bekannt waren. Spätere Beobachtungen wurden dann allerdings nicht mehr nur durch diese zuvor bekannten Formen beeinflusst, sondern auch durch die Eindrücke aus der Auseinandersetzung mit Strukturen in vorangegangenen mikroskopischen Untersuchungen. Infolgedessen wurden nun verstärkt Ähnlichkeiten zwischen den Strukturen verschiedener Objekte hervorgehoben und Analogien hinsichtlich der Prozesse, die sich an diesen Strukturen vollzogen, gebildet. Dies hatte aber auch zur Folge, dass mit steigender Anzahl der untersuchten Objekte, die Strukturen zu instabilen Gebilden wurden: Zum einen wurden die analogischen Beziehungen zwischen verschiedenen Objekten je nach aktuellem Schwerpunkt der jeweiligen Untersuchungen modifiziert oder aufgelöst. Zum anderen wurden zuweilen auch die grundlegenden Strukturelemente, die einige Forscher in ihren Beobachtungen bestimmten, in Folge der engen Verflechtung der Beobachtungen durch andere ersetzt oder fallen gelassen.

Wie von Fleck und Heering bereits herausgestellt, spielt also die „Reihenfolge des Erkennens“ eine entscheidende Rolle beim Beobachten. Allerdings wurde das Erkennen in diesem Fall *nicht* durch eine gemeinsame Abfolge ausgeformt, die durch die Zugehörigkeit zu einer Gruppe oder deren Anleitungen bedingt gewesen wäre. Die Forscher entwickel-

¹Hookes Modelle standen als Teil des theoretischen Aspekts seiner Arbeit, wie bereits erwähnt, nicht immer in besonders engem Zusammenhang mit seinen mikroskopischen Beobachtungen und sind in den meisten Fällen von rein kognitiver Art (Hooke 1665, 11–32, 36–44, 45–46, 51–52, 53–67, 85–88, 94–96, 101–103, 108–109, 126–131, 143, 161–162). Leeuwenhoek dagegen schilderte in einer Reihe von Fällen das Bauen von materiellen Modellen, um bestimmte Prozesse zu veranschaulichen (Leeuwenhoek 1939–1999, 1.48; 2.314; 3.250; 8.140–145; 11.294–299; 13.146; 14.212, 230; 15.12–15). Einen Grenzfall stellt die künstliche Modell-Landschaft dar, die Kircher im Anschluss seiner Ausführungen zu seinen mikroskopischen Beobachtungen und den Entsprechungen großer und kleiner Lebewesen beschreibt (Kircher 1646, 837–838). Darüber hinaus spielen Modelle im Zusammenhang mit mikroskopischen Beobachtungen aber nur eine geringe Rolle.

ten vielmehr ein individuelles Schauen ausgehend von den spezifischen Gegebenheiten und dem jeweiligen Verlauf ihrer Untersuchungen. Die Ambivalenz der Analogien, die jeweils im Verlauf der Untersuchungen aufgestellt wurden, bildeten hierbei einen nicht zu unterschätzenden Faktor, da sie dazu führten, dass sich die jeweiligen Bezugspunkte der Objekte und damit der individuelle Ablauf der Beobachtungen fortwährend ändern konnten. Von kollektivgebundenen Beobachtungsstilen kann also auch in diesem Bereich keine Rede sein, da es wiederum an übergreifenden Normen beziehungsweise an einer direkten Vermittlung von Kenntnissen von einem erfahrenen Forscher an andere mangelte.

Anzumerken ist in diesem Zusammenhang noch, dass sich in einigen Fällen die Rolle von Objekten innerhalb der Beobachtungen auf eine Weise veränderte, welche an das Wechselspiel von „epistemischen“ und „technischen Dingen“ bei Hans-Jörg Rheinberger erinnert.² Am deutlichsten wird dies in Leeuwenhoeks Beobachtungen von 1676, die zuerst darauf abzielten, mehr über Gewürze zu erfahren. Mit der Entdeckung von *Animalcula* im Wasser, in dem Pfeffer, Ingwer und Nelken aufgelöst worden waren, verlagerte sich jedoch die Rolle der Gewürze: Sie waren nun nicht mehr das Ziel der Erkenntnisanstrengung, sondern wurden zum technischen Mittel, um *Animalcula* zu erzeugen.³

5.4 Techniken und Wahrnehmung

Zusammen mit den kontextuellen Bedingungen und den Perspektiven auf die Objekten, änderten sich auch Technik und Methodik der einzelnen Forscher. Trotz der unterschiedlichen Vorgehensweisen, welche die Forscher im Laufe der Zeit entwickelten, lassen sich zwei grundlegende Konzepte unterscheiden: Einige Beobachter verstanden den Blick durch das Mikroskop als kontinuierliche Fortsetzung des natürlichen Sehens und behelfen sich bei ihren Beobachtungen nur mit minimalen Techniken. Andere betonten eher den Unterschied zwischen mikroskopischer und gewöhnlicher Wahrnehmung und neigten zugleich dazu, zusätzliche, auf die Spezifika der Objekte zugeschnittene Methoden zu entwickeln. Diese Techniken wurden, ebenso wie die Fähigkeiten der Beobachter, im Zuge längerer Untersuchungen schließlich auch als mögliche Einflüsse auf die Beobachtungsergebnisse beziehungsweise als Quelle von Widersprüchen erörtert. Die Spezifika der verwendeten Mikroskope wurden hingegen durchgängig kaum oder nur am Rande thematisiert. Das Bewusstsein darum, dass mikroskopische Beobachtungen eine im höchsten Maße technische Angelegenheit geworden waren, wuchs also, zugleich wurde dieser Aspekt aber vor allem im Handeln des Beobachters verortet und nicht in der optischen Vergrößerung.

In Übereinstimmung damit lässt sich auch feststellen, dass die narrativen Aspekte der Beobachtungsberichte mit der Ausweitung der Untersuchungen zunahm und sich somit der Schwerpunkt von einer Präsentation der Ergebnisse zugunsten einer Schilderung des Vorgehens verlagerte, was zum Teil auch rhetorische Ziele verfolgte. Zugleich schwand der Optimismus, der anfänglich hinsichtlich der Möglichkeiten des Mikroskops bestanden hatte. Nicht nur, dass mit der technischen Komplexität auch die Ungewissheit zunahm, es fehlte auch an übergreifenden Bezugspunkten, um die schiere Menge an Details, welche durch die Beobachtungen zutage gefördert wurde, zu bewältigen. Hinzu kam, dass im Laufe der Zeit immer stärker einsichtig wurde, dass selbst mit dem Mikroskop nicht die elementaren

²Vgl. Rheinberger (2001, 18–30).

³S.o. S. 108–114.

Strukturen und Prozesse erkennbar wurden, sondern sich auch hier, am Rande der Sichtbarkeit Formen und Prozesse andeuteten, die nicht klar erkannt werden konnten.

Technik und Methode ermöglichten also nicht bloß das Anstellen von Beobachtungen, sondern bedingten auch ihren Verlauf und ihre Ergebnisse. Da die angewandten Techniken aus den Überlegungen einzelner Forscher beziehungsweise den Anforderungen und Gegebenheiten ihrer spezifischen Untersuchungen entstanden, prägten sich höchst individuelle Vorgehensweisen aus, die folglich zu eigenwilligen, nur bedingt vergleichbaren Ergebnissen führten. Eine stilgebundene „Erziehung“ gab es in keinem der untersuchten Fälle. Vielmehr lässt sich an den Veränderungen in der Art und Weise, in der die Forscher über ihr Vorgehen berichteten, erkennen, dass scheinbar nur einige von ihnen der Reproduzierbarkeit ihrer Beobachtungen eine hohe Priorität einräumten. In einigen Fällen liegt sogar die Vermutung nahe, dass es eher ihre Intention war, die Exklusivität ihrer Beobachtungen hervorzuheben.

Dennoch scheint auch Flecks Behauptung, dass bestimmte Aspekte des Beobachtens in sprachlicher Form überhaupt nicht vermittelt werden könnten, plausibel: Selbst wenn Forscher wirklich versuchten, ihre Beobachtungen besser nachvollziehbar zu machen, indem sie ihren Verlauf detailliert schilderten, hatten sie damit nur geringen Erfolg. Und in den Bemerkungen der verschiedenen Akteure zum Unterschied von gewöhnlicher und mikroskopischer Wahrnehmung zeichnet sich ab, dass zum Beobachten scheinbar tatsächlich eine besondere Form des Schauens gehörte, die ein Individuum vielleicht für sich selbst zu kultivieren vermochte, aber nur durch konkrete Anleitung anderen hätte vermitteln können. Auch in dieser Hinsicht dominierten also individuelle Entwicklungen die frühe Mikroskopie.

5.5 Fazit: Mikroskopisches Beobachten als individuelle Praxis

Mikroskopisches Beobachten zeigt sich in seinen Anfangsjahren also als eine wissenschaftliche Praxis, die sich in erster Linie entlang von *individuellen* Gegebenheiten und Entscheidungen gestaltete. Zur Bildung von Beobachtungsstilen im Sinne von Fleck und Heering kam es dabei nicht. Hinsichtlich der drei Felder, die im Rahmen dieses Konzeptes als zentrale Faktoren für die wissenschaftliche Praxis angegeben werden, lässt sich grundsätzlich bestätigen, dass sie eine wichtige Rolle für die Gestaltung von Beobachtungen spielen. Allerdings prägten sie sich in diesem speziellen Fall in einer Art und Weise aus, welche die Entstehung von praxisorientierten Kollektiven eher behindert hat: Für bestehende wissenschaftliche *Traditionen* waren mikroskopische Beobachtungen von einem zu geringen Interesse, als dass sie in strukturierender Weise auf diese eingewirkt hätten. Dementsprechend gestaltete sich die *Reihenfolge des Erkennens* für jeden Forscher anders und führte verstärkt durch die zentrale Rolle von Analogien auch in jedem Fall zu anderen Ergebnissen. Methoden und Techniken wurden zwar zunehmend thematisiert, ein didaktisches Ziel wurde dabei aber nicht notwendigerweise verfolgt, so dass es auch nicht zu einer Form von praxisorientierter *Erziehung* kam. Sowohl von Seiten der Tradition als auch von Seiten der Zeitgenossen fehlte es also an normativen Kräften, während andere Faktoren eine Individualisierung der Forschungspraxis sogar begünstigten. Dies ändert sich erst zu Beginn des 18. Jahrhunderts als eine neue Generation von Forschern sich stärker um den Austausch und die Normierung von Beobachtungen bemühte.⁴

⁴Ratcliff (2009).

Dementsprechend sollten die hier dargestellten Fälle nicht als eine Absage an das Konzept eines kollektiv geprägten Stils verstanden werden. Vielmehr weisen sie darauf hin, dass Tradition, Reihenfolge des Erkennens und Erziehung nicht nur Aspekte der Beziehung zwischen Kollektiv und Individuum darstellen, sondern auch Bedingungen dafür sind, dass derartige Stile überhaupt erst *entstehen können*. Dass die Eigendynamik der Beobachtungen zum bestimmenden Faktor für die Ausformung der jeweiligen Vorgehensweisen werden konnte, lag nicht zuletzt daran, dass es an derartigen überindividuellen, normativen Einflüssen mangelte. In diesem Fall fehlte also die Basis für die Entwicklung von *kollektiven* Beobachtungsstilen.

Es bestünde nun die Möglichkeit stattdessen von *persönlichen* Stilen zu sprechen. Damit würde aber einerseits ein zentraler Aspekt des Stilbegriffs bei Fleck und Heering wegfallen, denn beide sehen es ja als grundlegend an, dass Stile durch Kollektive entstehen. Darüber hinaus würde das Konzept eines Individualstils suggerieren, dass die Vorgehensweisen der hier thematisierten Forscher zumindest über einen gewissen Zeitraum stabil gewesen wären.⁵ Tatsächlich scheint aber das Gegenteil der Fall gewesen zu sein: Die Fragestellungen, die Zusammenhänge von Objekten und die Techniken, um sie zu erforschen, befanden sich auch in vielen Einzelfällen nachweislich in ständiger Fluktuation.

Hierin zeigt erstens sich der zentrale Unterschied zu anderen Formen des Beobachtens, etwa in der Astronomie: Es gab weder eine Konstanz der Rahmenbedingungen noch eine irgendwie festgelegte Gruppe von zu untersuchenden Objekten. Ferner fehlte ein eng gefasster theoretischer Rahmen, wie er im Fall der Astronomie durch die lange Tradition mathematischer und kosmologischer Modelle vorhanden war.⁶ Entsprechend der vielfältigen Möglichkeiten im Umgang mit den Objekten eröffnete sich in mikroskopischen Beobachtungen ein weites Spektrum der Ausdifferenzierung. Die Beobachtungen sind aber, auch wenn sie keine stilgemäßen Charakteristika aufweisen, keinesfalls als „unmittelbare Erfahrung“ zu verstehen. Im Gegenteil zeigen gerade die hier angeführten Beispiele, wie stark Beobachtung auch ohne Bildung von Stilen einer Prägung unterliegen können, nur eben durch andere Faktoren, die in diesem Fall zumeist aus Teilaspekten der Praxis selbst entstanden: Einmal angestoßen führte das enge Wechselspiel zwischen Analogien und technischer Adaption dazu, dass sich die Beobachtungen fortwährend veränderten, statt sich zu stabilisieren.

Die dabei stattfindende Annäherung an Praktiken, die zuweilen eher unter den Begriff des Experiments gefasst werden, führt zurück zum anfangs erwähnten Problem der Abgrenzung von Beobachtung und Experiment, die sicher auch ihren Anteil daran hatte, dass die Heterogenität und Dynamik der frühen Mikroskopie bisher kaum wahrgenommen wurde: Wie eingangs geschildert grenzen bereits die historischen Begrifflichkeiten Beobachtungen von Experimenten ab, indem sie den Eingriff in die Objekte zum Charakteristikum des Experiments machen. Auf die mikroskopische Forschung passt diese Unterscheidung schon ab einem sehr frühen Zeitpunkt eigentlich nicht mehr, aber trotz der zunehmenden Verwendung von Techniken, mit denen auf die Objekte eingewirkt wurde, blieben die Akteure (mit Ausnahme Kirchers) dabei, ihre Untersuchungen als Beobachtungen zu bezeichnen. Die Ent-

⁵Siehe Fleck (1980). Erwähnt sei als Beispiel an dieser Stelle erneut Fourniers Arbeit zu den „persönlichen Stilen“ von Leeuwenhoek, Swammerdam und Huygens, die vornehmlich an der Verwendung bestimmter Instrumente festgemacht werden und kaum dynamische Tendenzen aufweisen (Fournier 2007).

⁶Zur Geschichte astronomischer Beobachtungen siehe Park (2011, 21–28, 32–37), Pomata (2011, 49–51), Daston (2011, 93–95). Auch in den frühneuzeitlichen Beobachtungen von „Monstren“, die ebenfalls stärker an bestehende Traditionen angeschlossen, tritt der kollektive Aspekt stärker hervor (Krämer 2014, 93–94).

wicklung hin zu einer technisch spezialisierten Vorgehensweise wurde also zum Teil durch die Persistenz des Begriffes überdeckt.⁷

Ein weiteres Hindernis mag in dieser Hinsicht der problematische Status darstellen, welchen die Beobachtung als analytischer Begriff innehat. Eng gefasste Begriffe sehen in der Beobachtung lediglich einen gerichteten Wahrnehmungsakt, der einerseits von komplexeren Experimenten abgegrenzt wird, andererseits aber auch Teil derselben sein kann. Dies mag dazu verleiten, die technischen Faktoren, die im Fall der Mikroskopie eine wichtige Rolle spielten, zu unterschätzen, da Komplikationen dieser Art eher dem Experiment zugeschrieben werden. Weiter gefasste Begriffe, welche Beobachtungen den Einsatz von Instrumenten und Techniken zugestehen, tun sich dagegen schwer damit, die spezifischen Merkmale der Beobachtung im Vergleich zum Experiment herauszustellen. Sie scheinen der Abgrenzung beider Praktiken in den historischen Begriffen zu widersprechen, und wirken auch aus einer analytischen Perspektive nicht unproblematisch. Das grundlegende Problem sowohl der historischen als auch der analytischen Konzepte liegt jedoch bezüglich der Geschichte der Mikroskopie darin, dass diese nur unzureichend die Möglichkeit berücksichtigen, dass sich Praktiken in einer Weise verändern können, die konzeptionelle Grenzen überschreitet, während die Verwendung der Begriffe davon unberührt bleibt.

Die Geschichte wissenschaftlicher Begrifflichkeiten muss nicht immer mit der Geschichte wissenschaftlicher Praxis übereinstimmen, genau so wie die heutigen Begriffe in der Regel nicht alle historischen Entwicklungen und Variationen abdecken. Im Fall der frühneuzeitlichen Mikroskopie kam es zu einer starken Individualisierung und Technisierung der Beobachtungen und damit zu einer Annäherung an experimentelle Praktiken beziehungsweise einer Entfernung von einem eng gefassten Beobachtungsbegriff. Die Ursache hierfür lag in einem Mangel an normativen Kräften und der Eigendynamik, die aus Analogien und technischer Spezialisierung entstand.

⁷Dies mag auch damit zusammenhängen, dass sich das Mikroskop aus einem anderen Beobachtungsinstrument, dem Teleskop, entwickelt hat (siehe bspw. Van Helden (1977, 1) oder Lüthy (1995, 160–161)). Schließlich verhandelten sowohl Kircher (1646, 829, 834, 836) als auch Fontana (1646, 17–18) und Borel (1656a, *De vero*, 8–10) beide Instrumente in mehr oder weniger enger Beziehung zueinander ab. Kirchers Verwendung des Begriffes *experimentum* findet sich jedoch an anderen Stellen (Kircher (1658, 37, 42–45); Kircher (1665, 2.25–27, 335, 356–357, 360)).

Bibliographie

- Adelmann, Howard B. (1966). *Marcello Malpighi and The Evolution of Embryology*. (5 Bde.) Ithaca/New York: Cornell University Press.
- Aldrovandi, Ulisse (1602). *De animalibus insectis libri septem, cum singulorum iconibus ad viuum expressis*. Bologna: I.B. Bellagambam.
- Bacon, Francis (1996). *The Oxford Francis Bacon*. Oxford: Clarendon Press.
- Baldwin, Martha (2004). Reverie in Time of Plague. Athanasius Kircher and the Plague Epidemic of 1656. In: *Athanasius Kircher: The Last Man Who Knew Everything*. Hrsg. von Paula Findlen. New York: Routledge, 63–77.
- Belloni, Luigi (1967). Die Entstehungsgeschichte der mikroskopischen Anatomie. In: *Frühe Anatomie. Eine Anthologie*. Hrsg. von Robert Herrlinger und Fridolf Kudlien. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft M.B.H., 269–296.
- (1985). Athanasius Kircher: Seine Mikroskopie, die Animalcula und die Pestwürmer. *Medizinhistorisches Journal* 20:58–65.
- Bennet, Jim (1997). Malpighi and the microscope. In: *Marcello Malpighi. Anatomist and Physician*. Hrsg. von Domenico Bertolini Meli. Florenz: Olschki, 63–72.
- Berkel, K. van (1982). Intellectuals against Leeuwenhoek. In: *Antoni van Leeuwenhoek 1632–1723. Studies on the Life and Work of the Delft Scientist commemorating the 350th anniversary of his birthday*. Hrsg. von L.C. Palm und H.A.M. Snelders. Nieuwe Nederlandse Bijdragen tot de Geschiedenis der Geneeskunde en der Natuurwetenschappen 8. Amsterdam: Rodopi, 187–209.
- Birch, Thomas (1756–1757). *The History of the Royal Society of London for Improving of Natural Knowledge from Its First Rise*. (Reprint London / New York : Johnson Reprint Corporation 1967–1968). London: A. Millar.
- Borel, Pierre (1654). *Bibliotheca chimica, seu catalogus librorum philosophicorum hermeticorum*. Heidelberg: Samuel Broun.
- (1656a). *De vero telescopii inventore [...] accessit etiam observationum microscopiarum centuria*. Den Haag: Adriani Vlacq.
- (1656b). *Historiae et observationes medico-physicae centuriae 4 [...] accesserunt D. Isaaci Cattieri, Doctoris Monspelienensis & Medici Regii Observationes Medicinales raras [...] et Renati Cartesii Vita [...]* Paris: Billaine/Dupuis.
- (1657). *Discours nouveau prouvant la pluralité des mondes*. Genf: ohne Verlangsangabe.
- Boyle, Robert (1999–2000). *The Works*. (14 Bde.) London: Pickering & Chatto.
- (2001). *The Correspondence*. (6 Bde.) London: Pickering & Chatto.
- Bronswijk, J.E.M.H. van (1982). Two fellow students of fleas, lice and mites: Antoni van Leeuwenhoek and Jan Swammerdam. In: *Antoni van Leeuwenhoek 1632–1723. Studies on the Life and Work of the Delft Scientist commemorating the 350th anniversary of his birthday*. Hrsg. von L.C. Palm und H.A.M. Snelders. Nieuwe Nederlandse Bijdragen tot de Geschiedenis der Geneeskunde en der Natuurwetenschappen 8. Amsterdam: Rodopi, 109–127.
- Buonanni, Francisco (1691). *Observationes circa viventia, que in rebus non viventibus reperiuntur. Cum micrographia curiosa [...] His accesserunt aliquot Animalium Testaceorum Icones [...]* Dominicus Antonius Herculis.
- Cobb, Matthew (2002). Malpighi, Swammerdam and the Colourful Silkworm: Replication and Visual Representation in Early Modern Science. *Annals of Science* 59:111–147.
- Damsteegt, B.C. (1982). Language and Leeuwenhoek. In: *Antoni van Leeuwenhoek 1632–1723. Studies on the Life and Work of the Delft Scientist commemorating the 350th anniversary of his birthday*. Hrsg. von L.C. Palm und H.A.M. Snelders. Nieuwe Nederlandse Bijdragen tot de Geschiedenis der Geneeskunde en der Natuurwetenschappen 8. Amsterdam: Rodopi, 13–28.
- Daston, Lorraine (2011). The Empire of Observation, 1600–1800. In: *Histories of Scientific Observation*. Hrsg. von Lorraine Daston und Elisabeth Lunbeck. Chicago: University of Chicago Press, 81–113.
- Descartes, René (1964–1986). *Œuvres*, publiées par Charles Adams & Paul Tannery. Nouvelle présentation. Paris: J. Vrin.

- Dijksterhuis, E.J. (1948). Mathematics in Leeuwenhoek's Letters. In: *The Collected Letters of Antoni van Leeuwenhoek / Alle de brieven van Antoni van Leeuwenhoek*. 3. Amsterdam: Swets & Zeitlinger, 443–453.
- Dobell, Clifford (1960). *Antoni van Leeuwenhoek and His "Little Animals"*. New York: Dover Publications.
- Ebeling, Florian (2007). *The Secret History of Hermes Trismegistus. Hermeticism from Ancient to Modern Times*. Ithaca/London: Cornell University Press.
- Egerton, F.N. (1968). Leeuwenhoek as a Founder of Animal Demography. *Journal of the History of Biology* 1: 1–22.
- Emerton, Norma E. (1984). *The Scientific Reinterpretation of Form*. Ithaca/London: Cornell University Press.
- Fischel, Angela (2002). Sehen, Darstellen, Beschreiben. Mikroskopische Beobachtung in den Kupferstichen der *Micrographia*. *kunsttexte.de*. url: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:11-10073736> (besucht am 08. 10. 2016).
- (2006). Optik und Utopie: Mikroskopische Bilder als Argument im 18. Jahrhundert. In: *Visuelle Argumentationen, die Mysterien der Repräsentation und die Berechenbarkeit der Welt*. Hrsg. von Horst Bredekamp. München: Fink, 253–266.
- Fisher, Saul (2005). *Pierre Gassendi's Philosophy and Science. Atomism for Empiricists*. Leiden/Boston: Brill.
- Fleck, Ludwik (1980). *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- (2006). *Erfahrung und Tatsache. Gesammelte Aufsätze*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Fontana, Francesco (1646). *Novae coelestium terrestriumque rerum observationes*. Neapel: Gaffarus.
- Ford, Brian J. (2001). The Royal Society and the microscope. *Notes and Records of the Royal Society London* 55: 29–49.
- Fournier, Marian (1981). Huygens Microscopical Researches. *Janus* 68:199–209.
- (1996). *The Fabric of Life. Microscopy in the Seventeenth Century*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- (2003). *Early microscopes: a descriptive catalogue*. Leiden: Museum Boerhaave.
- (2007). Personal styles in microscopy: Leeuwenhoek, Swammerdam and Huygens. In: *From Makers to Users. Microscopes, Markets, and Scientific Practices in the Seventeenth and Eighteenth Centuries / Dagli Artigiani ai Naturalisti. Microscopi, offerta dei mercati e pratiche scientifiche nei secoli XVII e XVIII*. Hrsg. von Dario Generali und Marc J. Ratcliff. Mailand: Olschki, 211–230.
- Freedberg, David (1998). Iconography between the History of Art and the History of Science. In: *Picturing Science Producing Art*. Hrsg. von C.A. Jones und P. Galison. New York / London: Routledge, 272–296.
- (2002). *The Eye of the Lynx. Galileo, his friends, and the beginning of modern natural history*. Chicago/London: University of Chicago Press.
- French, Roger K. (1994). *William Harvey's natural philosophy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Galilei, Galileo (1890–1909). *Le Opere di Galileo Galilei. Edizione Nazionale*. (Nachdruck: Florenz 1964–1968). Florenz: Barbèra.
- Galluzi, Paolo und Luigi Guierini, Hrsg. (2006). *Apiarium - Melissographia. Edizione critica digitale*. url: <http://brunelleschi.imss.fi.it/apiarium/> (besucht am 08. 10. 2016).
- Gassendi, Pierre (1658). *Opera Omnia in sex tomos divisa*. (Reprint in 6 Bänden mit einer Einleitung von Tullio Gregory, Stuttgart / Bad Cannstatt : Frommann, 1964). Lyon: Anisson.
- Godwin, Joscelyn (1988). Athanasius Kircher and the Occult. In: *Athanasius Kircher und seine Beziehungen zum gelehrten Europa seiner Zeit*. Hrsg. von John Fletcher. Wiesbaden: Otto Harrassowitz, 17–36.
- Greengrass, M., M. Leslie und M. Hannon, Hrsg. (2013). *The Hartlib Papers*. url: <http://www.hrionline.ac.uk/hartlib> (besucht am 08. 10. 2016).
- Grew, Nehemiah (1682). *The Anatomy of Plants. With an Idea of a Philosophical History of Plants. And several other Lectures, Read before the Royal Society*. (Reprint mit einer Einleitung von Conway Zirkle, New York / London : Johnson Reprint Corporation, 1965). London: W. Rawlins.
- Griendel von Ach, Johann Frantz (1687). *Micrographia Nova*. (zugleich am selben Ort in dt. Sprache). Nürnberg: Johannes Zieger.
- Hacking, Ian (1983). *Representing and intervening. Introductory topics in the philosophy of natural science*. Cambridge et al.: Cambridge University Press.
- Harvey, William (1628). *Exercitatio de motu cordis et sanguinis in animalibus*. Frankfurt: Guilielmus Fitzerus.
- (1651). *Exercitationes de generatione animalium*. Frankfurt: Du Gardianis.
- Harwood, John T. (1988). Rhetoric and graphics in *Micrographia*. In: *Robert Hooke. New Studies*. Hrsg. von Michael Hunter und Simon Schaffer. Suffolk/New Hampshire: Boydell Press, 119–147.
- Hauptmann, August (1650). *Epistola praeliminaris tractatui de viva mortis imagine mox edendo sacrata*. Frankfurt: Thomas Matthias.

- Heering, Peter (2007). Das Konzept des Experimentierstils zur Beschreibung historischer Experimentalpraxis. In: *Von der wissenschaftlichen Tatsache zur Wissensproduktion. Ludwik Fleck und seine Bedeutung für die Wissenschaft und Praxis*. Hrsg. von Bozena Choluj und Jan C. Joerden. Frankfurt a.M.: Peter Lang, 361–385.
- (2010). An Experimenter's Gotta Do What an Experimenter's Gotta Do - But How? *Isis* 101:794–805.
- Helden, Albert van (1977). The Invention of the Telescope. *Transactions of the American Philosophical Society* 67:1–67.
- Hentschel, Klaus (2010). Die Funktion von Analogien in den Naturwissenschaften, auch in Abgrenzung zu Metaphern und Modellen. In: *Analogien in Naturwissenschaften, Medizin und Technik. Fachtagung der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina und der Abteilung für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik der Universität Stuttgart vom 17. bis 20. März 2008*. Hrsg. von Klaus Hentschel. Stuttgart: Wiss. Verl.-Ges., 13–66.
- Hernández, Francisco (1651). *Rerum Medicarum Novae Hispaniae Thesaurus seu Plantarum Animalium Mineralium Mexicanorum Historia*. Rom: Vitale Mascardi.
- Highmore, Nathaniel (1651). *The History of Generation*. London: John Martin.
- Hirai, Hiro (1985). Interprétation chimique de la création et origine corpusculaire de la vie chez Athanasius Kircher. *Annals of Science* 64:217–234.
- Hooke, Robert (1665). *Micrographia: Or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses. With Observations and Inquiries thereupon*. (Reprint: New York: Dover, 1961). London: Jo. Martyn / Ja. Allestry.
- (1705). *The Posthumous Works*. (Reprint: New York: Johnson, 1969). London: Smith/Walford.
- Humbert, Pierre (1951). Peiresc et le microscope. *Revue d'histoire des sciences et leurs applications* 4:154–158.
- Hunter, Michael und Alison Wiggins, Hrsg. (2001). *The Work Diaries of Robert Boyle*. url: <http://www.livesandletters.ac.uk/wd/index.html> (besucht am 08. 10. 2016).
- Huygens, Christiaan (1888–1950). *Œuvres complètes de Christiaan Huygens*. Den Haag: Martinus Nijhoff.
- Janich, Peter (1992). Beobachtung als Handlung. In: *Erfahrung und Beobachtung. Erkenntnistheoretische und wissenschaftshistorische Untersuchungen zur Erkenntnisbegründung*. Hrsg. von Hans Poser. Berlin: Technische Universität Berlin, 13–34.
- Kircher, Athanasius (1646). *Ars magna lucis et umbrae*. Rom: Hermann Scheus / Lodovico Grignani.
- (1658). *Scrutinium pestis physico-medico contagiosae luis, quae pestis dicitur*. Rom: Mascardi.
- (1665). *Mundus subterraneus*. Amsterdam: Johan Janszoon / Elizeus Weyerstraet.
- Krämer, Fabian (2014). *Ein Zentaur in London. Lektüre und Beobachtung in der frühneuzeitlichen Naturforschung*. Affalterbach: Didymos-Verlag.
- Leeuwenhoek, Antoni van (1939–1999). *The Collected Letters of Antoni van Leeuwenhoek / Alle de brieven van Antoni van Leeuwenhoek*. (15 Bde.) Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- LeFanu, William (1990). *Nehemiah Grew M.D., F.R.S. A Study and Bibliography of his Writings*. Winchester / Detroit: St. Paul's Bibliographies / Omnigraphics.
- Lindeboom, G.A. (1982). Leeuwenhoek and the problem of sexual reproduction. In: *Antoni van Leeuwenhoek 1632–1723. Studies on the Life and Work of the Delft Scientist commemorating the 350th anniversary of his birthday*. Hrsg. von L.C. Palm und H.A.M. Snelders. Nieuwe Nederlandse Bijdragen tot de Geschiedenis der Geneeskunde en der Natuurwetenschappen 8. Amsterdam: Rodopi, 129–152.
- Lüthy, Christoph (1995). *Matter and Microscopes in the 17th Century*. Diss. Harvard University.
- (1996). Atomism, Lynceus and the Fate of Seventeenth-Century Microscopy. *Early Science and Medicine (ESM)* 1:1–27.
- Malpighi, Marcello (1684). A Letter from the learned Malpighius, to Dr. Spon [...]. *Philosophical Transactions* 14: 601–608, 630–646.
- (1687). *Opera omnia seu Thesaurus Botanico-medico-anatomicus*. Leiden: Petrus Vander.
- (1697). *Opera posthuma [...] quibus praefixa est eiusdem Vita a seipso scripta*. London: A. & J. Churchill.
- Meinel, Christoph (1988). 'Das letzte Blatt im Buch der Natur.' Die Wirklichkeit der Atome und die Antinomie der Anschauung in den Korpuskularphilosophien der frühen Neuzeit. *Studia Leibnitiana* 10:1–18.
- Meli, Domenico Bertolini (1997). The New Anatomy of Marcello Malpighi. In: *Marcello Malpighi. Anatomist and Physician*. Hrsg. von Domenico Bertolini Meli. Florenz: Olschki, 21–62.
- (2011a). *Mechanism, Experiment, Disease. Marcello Malpighi and Seventeenth Century Anatomy*. Baltimore: John Hopkins Press.
- (2011b). The Colour of Blood: Between Sensory Experience and Epistemic Significance. In: *Histories of Scientific Observation*. Hrsg. von Lorraine Daston und Elisabeth Lunbeck. Chicago: University of Chicago Press, 117–134.

- Mersenne, Marin (1945–1988). *Correspondance du P. Marin Mersenne*, hg.v. Cornelis de Waard et al. (17 Bde.) Paris: Édition du Centre National de la Recherche Scientifique.
- Milford, Humphrey (1913). *Portraits of Dr. William Harvey*. Oxford: University Press.
- Miller, Peter N. (2005). Description Terminable and Interminable: Looking at the Past, Nature, and Peoples in Peirese's Archive. In: *Historia. Empiricism and Erudition in Early Modern Europe*. Hrsg. von Gianna Pomata und Nancy G. Siraisi. London: MIT Press, 355–396.
- Möbius, Martin (1901). *Marcellus Malpighi: Die Anatomie der Pflanzen*. Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften 120. (Reprint: Frankfurt a.M. : Thun, 1999). Leipzig: Engelmann.
- Moffett, Thomas (1634). *Insectorum sive minimorum animalium theatrum*. London: Thomas Cotes.
- Ogilvie, Brian W. (2006). *The Science of Describing. Natural History in Renaissance Europe*. Chicago: University of Chicago Press.
- Oldenburg, Henry (1965–1977). *The Correspondence of Henry Oldenburg*, Edited and translated by A. Rupert Hall & Marie Boas Hall. (11 Bde.) Madison / Milwaukee: The University of Wisconsin Press.
- Park, Katharine (2011). Observation in the Margins, 500–1500. In: *Histories of Scientific Observation*. Hrsg. von Lorraine Daston und Elisabeth Lunbeck. Chicago: University of Chicago Press, 15–44.
- Peirese, Nicolas-Claude Fabri de (1888–1896). *Lettres*, hg.v. Philippe Tamizey de Larroque. (6 Bde.) Paris: Imprimerie Nationale.
- Pighetti, Clelia (1961). Giovan Battista Odierna e il suo discorso su *L'occhio della mosca*. *Physis* 3:309–335.
- Pomata, Gianna (2011). Observation Rising: Birth of an Epistemic Genre, 1500–1650. In: *Histories of Scientific Observation*. Hrsg. von Lorraine Daston und Elisabeth Lunbeck. Chicago: University of Chicago Press, 45–80.
- Poser, Hans (1984). Observatio, Beobachtung. In: *Historisches Wörterbuch der Philosophie*. Hrsg. von Joachim Ritter. 6. Darmstadt: Wiss. Buchges., 1072–1081.
- (1992). Einleitende Überlegungen zum Problem der Beobachtung. In: *Erfahrung und Beobachtung. Erkenntnistheoretische und wissenschaftshistorische Untersuchungen zur Erkenntnisbegründung*. Hrsg. von Hans Poser. Berlin: Technische Universität Berlin, 1–12.
- (2008). The Ars observandi as an Ars inveniendi. In: *Kosmos und Zahl. Beiträge zur Mathematik- und Astronomiegeschichte, zu Alexander von Humboldt und Leibniz*. Hrsg. von Hartmut Hecht, Regine Mikosch, Ingo Schwarz, Harald Siebert und Romy Werther. Stuttgart: Franz Steiner, 149–165.
- Power, Henry (1664). *Experimental Philosophy*. London: John Martin / James Allestry.
- Ratcliff, Marc J. (2009). *The Quest for the Invisible. Microscopy in the Enlightenment*. Farnham: Burlington.
- Rheinberger, Hans-Jörg (2001). *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*. Göttingen: Wallstein.
- Rowland, Ingrid D. (2004). Athanasius Kircher, Giordano Bruno, and the *Panspermia* of the Infinite Universe. In: *Athanasius Kircher. The Last Man Who Knew Everything*. Hrsg. von Paula Findlen. New York: Routledge, 191–205.
- Ruestow, Edward G. (1996). *The Microscope in the Dutch Republic. The Shaping of Discovery*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schickore, Jutta (2008). Doing Science, Writing Science. *Philosophy of Science* 75:323–343.
- Schierbeek, Abraham und Maria Roseboom (1959). *Measuring the Invisible World. The Life and Works of Antoni van Leeuwenhoek FRS*. London / New York: Abelard-Schuman.
- Schott, Kaspar, Hrsg. (1660). *Athanasii Kircherii [...] Iter ex[s]taticum coeleste [...] Aecessit ejusdem Auctoris Iter extaticum terrestre & Synopsis Mundi Subterranei*. Würzburg: Erben Johann Andreas & Wolfgang jun. Endter.
- Siebert, Harald (2004). Kircher and His Critics. Censorial Practice and Pragmatic Disregard in the Society of Jesus. In: *Athanasius Kircher. The Last Man Who Knew Everything*. Hrsg. von Paula Findlen. New York: Routledge, 79–104.
- (2006). *Die große Kosmologische Kontroverse. Rekonstruktionsversuche anhand des Itinerarium exstaticum von Athanasius Kircher SJ (1602–1680)*. Stuttgart: Franz Steiner.
- Singer, Charles (1914). Notes on the Early History of Microscopy. *Proceedings of the Royal Society of Medicine* 7. (unter "Section of the History of Medicine"):237–279.
- Smit, P. (1982). Antoni van Leeuwenhoek and his ideas on spontaneous generation. In: *Antoni van Leeuwenhoek 1632–1723. Studies on the Life and Work of the Delft Scientist commemorating the 350th anniversary of his birthday*. Hrsg. von L.C. Palm und H.A.M. Snelders. Nieuwe Nederlandse Bijdragen tot de Geschiedenis der Geneeskunde en der Natuurwetenschappen 8. Amsterdam: Rodopi, 169–185.
- Snelders, H.A.M. (1982). Antoni van Leeuwenhoek's mechanistic view of the world. In: *Antoni van Leeuwenhoek 1632–1723. Studies on the Life and Work of the Delft Scientist commemorating the 350th anniversary of his*

- birthday*. Hrsg. von L.C. Palm und H.A.M. Snelders. Nieuwe Nederlandse Bijdragen tot de Geschiedenis der Geneeskunde en der Natuurwetenschappen 8. Amsterdam: Rodopi, 57–78.
- Steinle, Friedrich (2005). *Explorative Experimente: Ampère, Faraday und die Ursprünge der Elektrodynamik*. Stuttgart: Franz Steiner.
- Stelluti, Francesco (1630). *Persio tradotto in verso sciolto e dichiarato*. Rom: Giacomo Mascardi.
- Swammerdam, Jan (1737–1738). *Bybel der natuure of Historie der Insecten / Biblia naturae sive historia insectorum*. Leiden: Isaak Severinus et al.
- (1669). *Historia insectorum generalis ofte Algemeene Verhandeling vande Bloedeloose Dierkens*. Utrecht: Meinardus van Dreunen.
- (1672). *Miraculum naturae, sive uteri muliebris fabrica*. Leiden: S. Matthaei.
- (1675). *Ephemeris vita*. Amsterdam: Abraham Wolfgang.
- Wellmann, Janina (2008). Die Metamorphose der Bilder. Die Verwandlung der Insekten und ihre Darstellung vom Ende des 17. bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts. *NTM* 16:183–211.
- Wilson, Catherine (1988). Visual surface and visual symbol: the microscope and the occult in early modern science. *Journal for the History of Ideas* 49:85–108.
- (1995). *The Invisible World: Early Modern Philosophy and the Invention of the Microscope*. Princeton: Princeton University Press.
- Woolfson, Jonathan (2009). The Renaissance of bees. *Renaissance Studies* 24:281–300.
- Zuylen, J. van (1982). The microscopes of Antoni van Leeuwenhoek. In: *Antoni van Leeuwenhoek 1632–1723. Studies on the Life and Work of the Delft Scientist commemorating the 350th anniversary of his birthday*. Hrsg. von L.C. Palm und H.A.M. Snelders. Nieuwe Nederlandse Bijdragen tot de Geschiedenis der Geneeskunde en der Natuurwetenschappen 8. Amsterdam: Rodopi, 29–56.

Index

A

Albertus Magnus, 37
Aldrovandi, Ulisse, 37, 42, 105
Alsted, Johann Heinrich, 57
Aristomachos von Soloi, 126
Aristoteles, 35, 37, 48, 54, 55, 105
Aston, Francis, 32, 33

B

Bacon, Francis, 16, 21, 54, 118–119,
127, 128, 147, 150, 153
Ball, Peter, 40
Belloni, Luigi, 59, 60
Bidloo, Govert, 64
Bontekoe, Cornelis, 64
Borel, Pierre, 18, 19, 24–28, 33, 37–39,
42, 54, 57–59, 63, 68–69, 71,
85–88, 96–97, 106–108,
123–125, 148, 161
Borelli, Giovanni Alfonso, 17, 43, 44, 59
Boyle, Robert, 16, 27–28, 31, 32, 55, 56,
62, 94, 124–126, 129, 133
Buonanni, Filippo, 42, 49, 133

C

Cardano, Girolamo, 37
Cesi, Federico, 18, 35–36, 38, 39, 67–69,
84–85, 119
Corner, Francesco, 64
Craanen, Theodorus, 62, 63, 111

D

Demokrit, 25
Descartes, René, 18, 22, 23, 25, 30, 31,
33, 40, 44, 59, 62, 118, 118,
119, 120, 127, 128

Divini, Eustachio, 132
Drebbel, Cornelis, 18, 35, 119

F

Faber, Johannes, 18, 68
Fontana, Francesco, 18, 36–39, 68, 85,
86, 122–123, 161
Fracassati, Carlo, 59, 60

G

Gale, Thomas, 51, 62
Galilei, Galileo, 17, 18, 22, 23, 59
Garden, George, 63
Gassendi, Pierre, 18, 22–23, 25–29, 33,
35, 59, 119–121
Gessner, Conrad, 34
Glisson, Francis, 59, 60
Goedart, Johannes, 41
Graaf, Reinier de, 46, 61–63
Grew, Nehemiah, 7, 17, 32, 44–48, 51,
63, 72–77, 79, 82, 137–139,
149–150
Griendel von Ach, Johann Frantz, 42,
47, 146

H

Ham, Johan, 62, 111
Hartlib, Samuel, 18, 123
Harvey, William, 16, 54–56, 60, 61, 63,
64, 83, 95–97, 119
Hauptmann, August, 57
Hermans, Paulus, 51
Hernández, Francisco, 36, 68
Highmore, Nathaniel, 16, 55, 56, 56, 125
Hooke, Robert, 6, 16, 28–32, 40–42, 44,
48, 50, 51, 58, 70–72, 87–90,

97, 107–108, 127–133, 137,
143, 147–149, 157
Hoskins, John, 49
Hotton, Petrus, 51
Huygens, Christiaan, 8, 17, 19, 32, 48,
49, 53, 112, 160
Huygens, Constantijn (junior), 48
Huygens, Constantijn (senior), 32, 48,
51, 62, 141

J

Jonston, Jon, 48

K

Kepler, Johannes, 11
Kerckring, Theodor, 133
Kircher, Athanasius, 18, 23–27, 30, 33,
38, 48, 56, 57, 58, 59, 63, 68,
69, 84–85, 88–90, 105–108,
112, 121, 122, 132, 157, 160
Kuffler, Abraham, 119
Kuffler, Jakob, 119
Kuffler, Johannes Sibertus, 119

L

Leeuwenhoek, Antoni van, 5–8, 12, 15,
17, 26, 31–33, 42, 47–53, 61,
65, 65, 77–82, 92, 94,
101–104, 108–115, 139, 140,
147, 147, 150, 153, 154, 157,
158, 160
Lister, Martin, 32, 63, 114

M

Malpighi, Marcello, 6–8, 17, 19, 42–48,
50, 59–61, 73–77, 79, 82, 85,
89–91, 94, 97–101, 104,
132–139, 141, 143, 147, 149,
154
Man, Cornelis de, 62
Mayherne, Thomas, 34, 39
Medici, Carlo de', 122
Mersenne, Marin, 18, 22, 23, 120, 122

Moffett, Thomas, 34, 39

O

Odierna, Giovan Battista, 19, 37–39, 84,
96–97, 100, 121–122, 124, 127
Oldenburg, Henry, 5, 17, 18, 32, 42, 43,
51, 62, 80, 108, 109
Overschie, Frederik Wolfert van, 50

P

Peiresc, Nicolas-Claude Fabri de, 18, 23,
34–35, 83–85, 87, 119–120,
127
Persius (Aulus Persius Flaccus), 35
Piso, Willem, 41
Platus, Titus Maccius, 36
Plinius, Gaius Caecilius (Secundus), 35,
37, 42, 105
Power, Henry, 16, 19, 28, 39–42, 58,
69–70, 87–88, 97, 107–108,
125–127, 148

R

Rabus, Pieter, 48, 50
Rasch, Erasmus, 123
Reede van Renswoude, Frederik Adriaan
van, 50

S

's Gravesande, Cornelis, 62, 64
Slare, Frederick, 62
Sloane, Hans, 50
Southwell, Robert, 32
Stelluti, Francesco, 18, 35–36, 84, 119
Steno, Nicolaus, 60
Swammerdam, Jan, 6, 8, 17, 46–48,
91–92, 94, 105, 139–140, 143,
146, 147, 150–151, 160
Symphosius, Caelius Firmianus, 36

U

Urban VIII (Maffeo Barberini), 6, 35

V

Velden, Maarten Etienne van, 50

Vergil (Publius Vergilius Maro), 36, 84

W

Waller, Richard, 33, 50, 51, 62

Willis, Thomas, 59, 60

Wren, Christopher, 40