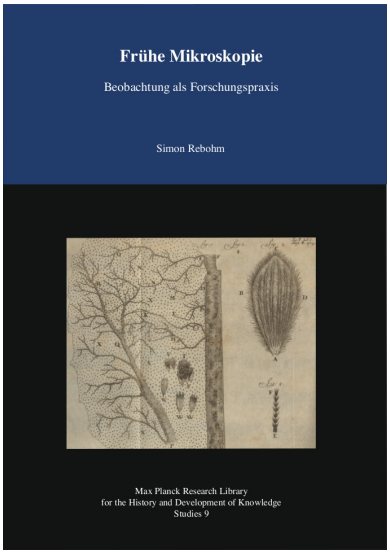
Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge

Studies 9

Simon Rebohm:

Beobachtungstechniken



In: Simon Rebohm: *Frühe Mikroskopie : Beobachtung als Forschungspraxis*
Online version at `http://edition-open-access.de/studies/9/`

ISBN ISBN 978-3-945561-14-0
First published 2017 by Edition Open Access, Max Planck Institute for the History of Science under Creative Commons by-nc-sa 3.0 Germany Licence.
`http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/`

Printed and distributed by:
PRO BUSINESS digital printing Deutschland GmbH, Berlin
`http://www.book-on-demand.de/shop/15122`

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

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-

[1] Siehe 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] „Verùm incompetentia huiusmodi Perspicillorum, praeterquàm ad minutias tantùm (neque ad ipsas quoque, si fuerint in corpore maiusculo) vsum rei destruit. Si enim Inuentum extendi posset ad corpora maiora, aut corporum maiorum minutias; adeò vt textura panni lintei conspici posset tanquam rete; atque hoc modo minutiae latentes & inaequalitates Gemmarum, Liquorum, Vrinarum, sanguinis, Vulnerum, & multarum aliarum rerum cerni possent, magnae proculdubiò 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 auancé en connoissance. Car, pour le commencement, il vaut mieux ne se servir que de celles qui se presentent d'elles mesmes a nos sens, & que nous ne sçaurions ignorer, pouruû 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 sçait 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).

[4] Zur 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.

[5] Descartes (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 Beobachtungberichte 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 longeur d'un pan ou environ comme un canon d'escrittoire, d'un poulce de diamétre, elle est cuyvre doré et s'assemble de trois piéces 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 diamettre que le tiers de l'autre, ne de longeur 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 multicuspide microscopio conspicua; experimentum multiplex peregit in insectis adfinibus, ac in Ape potissimùm […]" (Gassendi 1658, 5.301). Die Bemerkungen zu derartigen Themen in Peirescs Korrespondez blieben hingegen sehr kurz (Peiresc 1888–1896, 3.465, 477–478; 6.28–30).

[9] Hierauf deutet insbesondere die Darstellung der Bienenzunge 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 và 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 diligenzia intorno a sì maurauiglioso Animale, la cui forma, e di ciascun suo membro quì descritto, meglio si potra conoscere nella quì impressa figura" (ebd. 54).

[10] Da 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.

[11] S.o. S. 22–23.

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

[13] Hinsichtlich 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 quì hò detto, intorno à questa nuoua Anatomia l'hò io scouerto, non con la nuda vista de l'Occhio; mà col mezzo d'vn occhiolino lauorato 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).

[17] Kircher (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 subterraneaus* finden sich Anweisungen, wie die Form von Brennnesselblättern 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 expostium relinque, donec tenuem in superficie glaciem contrahat; & videbis cum admiratione, glaciem ita exactae folia utricae exhibere, ac si impressa fuissent: Si verò hanc glacialem effigiem penitius ope tubi smicroscopici 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 contemplaberis, & 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 mikrosopischen 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]

---

[21] Neben 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).

[22] Licht 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 vitiatis ovis, 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).

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

[24] In 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 saporem aut colorem &c. cum haec omnia alia animalia variè juxta organorum varietatem percipiant“ (Borel 1656a, *Centuria, Praefatio admonitoria*).

[26] Borel (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).

[28] Siehe 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. LXXVIII). 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 distintiùs 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).

[30] So 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 *Muscovie* 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 throughly 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 waringly 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 Terrestial 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 glistering, which yet appearing but in a glaring light, we were not sure to be no *deceptio visûs*" (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]

---

[35] Über 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).

[36] Power 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).

[37] Während 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).

[38] S.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 endevours,

Insgesamt fällt also auf, dass die Forscher von Peiresc bis einschließlich Power bei ihren Beobachtungen alle auf eine individuelle Weise vorgingen. 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 otherwayes; 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 Disoveries 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 […] Whereever 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* ghesses […] 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 accomplisht 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 Inconveniences 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 Waldtrespe, 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).

[50] So 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 Mushrome, 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 wafted 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 expirasset*, 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)).

[54] Hooke (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, turgidúmque pulmonem, dum copioso undique alluitur sanguine, silo qua jungitur cordi nectes, 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 luminae 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).

[57] Zu den spärlichen Informationen über die verwendeten Instrumenten in Malpighis anderen Schriften siehe Adelmann (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, 1. *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 licèt non valde augeat objectum, plurimum tamen spatii lustrat“ (Malpighi 1697, *Vita*, 79). Ausganspunkt 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 Malpighis 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-

[62] Malpighi (1687, 2.114–116, 120–121, 165–167, 201, 203).

[63] „At quoniam saepius dubitavi, an omnes reticulae propagines, quae in area Omenti canini observantur, constituerentur a vasis sanguineis, an verò è lateribus sacculorum, sicuti in Cervo observavi, emergerent haec adiposa corpora, quae in rete implicita mutuam anastomosin cum venis efficerent, ideo ut exploratum haberem, ligaturas in ramo splenico in canibus, & cuniculus adhuc viventibus effici, quibus impeditus sanguis stagnaret in venis minoribus, & facta turgentiâ rubedine solas venas, & arterias nobis indicaret, nec tamen res ex voto successit, nam conspicua tantum vasa, & quaedam sanguinea stigmata inordinatè situata emersere, caeteris minimis obliteratis, ità ut haesitandum adhuc mihi sit, an omnes Omenti propagines reticulares sint propagines sanguineorum vasorum“ (Malpighi 1687, 2.230).

[64] So 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).

[65] Der 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 haec 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 untersuchten, 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 membraneis sacculis, contenti, cum omento comparari possunt; rursúsque dubitandi ansa occurrit, pinguedinis promptuaria esse, valdéque solicitam 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).

[67] Malpighi (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).

[69] Während 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).

[70] Malpighi (1687, 1.146; 2.41, 47, 58).

[71] In der *Idea* wurden erste Eingriffe in Pflanzensamen erwähnt: „Nam certum est, (ut ex diario germinationis leguminum patebit,) bina folia ab extensa seminis carne, comproductâ 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 siccessit; & 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, propriùmque succum plantulae, cujus cauli continuatur, affundit, ità 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).

[72] Im 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, mihique intra urbanam domum non successit diversas vegetantes alere plantas eò quia loci angustia ventilatum aërem non admittit, ibíque 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).

[73] So bemerkte Malpighi bspw. hinsichtlich der Hirnstruktur: „De Cerebri medulla, seu calloso corpore illud exaratum 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 deprehenditur: nam constat evidenter totam hanc Ceberebi 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 irridatione fovere abstinent, ne statim adolescant; verùm ab oculis per longum tempus remota feriari jubent, donec inchoatae prolis in artifice species obliteretur, quam subità postmodum lustratione examinantes absolvunt. Simile quid nobis in contemplandis Naturae primis iconibus peragendum; mihique opportunum saltem & necessarium censeo. […] Ita in meditandis 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-

[75] Diesen Gegensatz belegen zwei Kommentare zu Beobachtungen an Pflanzen: „Denique tam ferax est Natura in parandis tegumentorum structuris, ut singulas recensere fit impossibile. Communiores igitur exponam, delineando pericarpium *cucurbitae*, *pomorum*, & similium, siliquas diversas, vesicas, loculos, spicásque 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 altiùs rimari; & quae saepiùs ac saepiùs licuit attingere, brevibus exarare" (ebd. 1.118).

[76] Zum 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

[78] Grew (1682, 20, 74, 153, 166, 181).

[79] „[…]all the Observations conteined 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 dependend 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 *Rasor*, 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

[82] Ruestow (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).
[84] Swammerdam (1672, 16, 18); Ruestow (1996, 112).
[85] Ruestow (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

[86] Siehe Ruestow (1996, 113) sowie die Beschreibung der Vorgehensweise bei Swammerdam (1737–1738, 1.455) im Vergleich mit den Beobachtungen in der *Ephemeri Vita* (Swammerdam 1675, 413–414, 415). Zum dunklen Untergrund siehe ebd. (94).
[87] Swammerdam (1737–1738, 1.412); Ruestow (1996, 114). Vgl. wiederum das Vorgehen bei früheren Beobachtungen (Swammerdam 1675, 84).
[88] Swammerdam (1737–1738, 1.373–374).
[89] Ruestow (1996, 294).
[90] Ruestow (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 Vorgängern 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-

[91] Ruestow (1996, 16, 152, 154). S.u. S. 143, Fn.

[92] Leeuwenhoek (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).

[93] Leeuwenhoek (1939–1999, 1.114, 212; 2.418; 9.362).

[94] Leeuwenhoek (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).

[95] Leeuwenhoek (1939–1999, 13.232–235, 238–241; 370–373).

[96] Leeuwenhoek (1939–1999, bspw. 1.102, 110, 160, 164, 220).

[97] Für 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]

[98] Man beachte die Unterschiede in zwei diesbezüglichen Briefen an Huygens und Hooke (Leeuwenhoek 1939–1999, 3.54–67, 332–337).

[99] Leeuwenhoek (1939–1999, 9.232; 13.142, 246; 15.198).

[100] Leeuwenhoek (1939–1999, 1.46, 110; 2.212).

[101] Leeuwenhoek (1939–1999, 2.370; 3.320–323, 372; 6.272; 7.356–359; 10.210–213; 13.298, 328; 14.118).

[102] Leeuwenhoek (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.

[103] Zu 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 ablagerte zum Problem (ebd. 13.204).

[104] Leeuwenhoek (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).

[105] Für 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).

[110] Dies 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), Schwanmuscheln (ebd. 11.126–139) und Aalen (ebd. 14.6–9).

[111] Leeuwenhoek (1939–1999, 8.24; 9.58; 10.96; 11.32–39, 40; 12.78, 188–193; 14.24).

[112] Leeuwenhoek (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).

[113] Für 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 kleijnste soort daer ik hier van sal spreeken, 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 hestitate 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 gebragt […] 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] „Jk 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 bekennen, waer uijt soo een dun vis-striemtge was gemaakt, dog tot dese laaste observatien 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. bijsondere 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 dementsprechenden 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 deselvige seer naeuw 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 genoemt, en vertoonen geen eijront, ten sij men deselvige 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 sij vertoont […] over welke volmaektheijt, van dit kleijne 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 ijemant (die selfs geen oog getuijge daar van geweest heeft) het konnen doen begrijpen.“ — „[…] 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 imposible 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 observatien soude konnen scheppen, 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 spreeken, en haar oude doolingen te volgen, en selfs te traag sijn, om eenig ondersoek te doen, te meer om dat het na-vorschen van natuurlyke saken veeltyts 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 präsenter 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

[122] Siehe das Zitat oben (S. 22, Fn.), welches das Potential des Mikroskops trotz gegenwärtiger technischer Probleme betont.

[123] Siehe entsprechende Bemerkungen bei Borel (1656a, *Centuria, Dedicatio; Praefatio admonitoria*) und Power (1664, *Preface* (16–17)).

[124] Am deutlichsten werden die zwei Bedeutungsebenen, wenn sie direkt nebeneinander bestehen: „[…] hic tantùm 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 phisicae 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

[126] Hooke (1665, 78, 80, 97, 135).

[127] Hinsichtlich 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 altiùs rimantur, in haec abunde resolvunt. Opportuniùs igitur, te judice, 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 judicio in pauca & minima satiùs resolveres […]“ (Malpighi 1687, 1.17). – „Minimarum etiam nostri corporis partium necessariam existentiam diligens exploratio, & mirae inde emanantes actiones depraedicant; tantúmque 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; difficiliús 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 hevorzuheben 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-

[130] Grew (1682, 62, 121, 166).
[131] Ruestow (1996, 143–145).
[132] Leeuwenhoek (1939–1999, 1.238; 2.380; 11.14; 14.192–213; 15.148).
[133] Leeuwenhoek (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, konnen begrijpen, de hoe kleijnheijt 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.

[135] Hinsichtlich dieser Diskussion, an der sich scheinbar kaum Personen beteiligten, die praktisch mit dem Mikroskop arbeiteten siehe Wilson (1995, 215–250).
[136] Ratcliff (2009).