

Sic itur ad astra. Ein Beobachtungssystem der Astronomie im Frankreich des 18. Jahrhunderts

Wenn man in der historischen Dichte der Wissenschaften
das Niveau der diskursiven Praxis erforscht,
will man sie nicht auf ein tiefes und ursprüngliches Niveau zurückführen,
will man sie nicht auf den Boden gelebter Erfahrung zurückführen,
auf diese Erde, die sich vor jeder Geometrie unregelmäßig und zerrissen darbietet,
auf diesen Himmel, der durch den Raster aller Astronomien strahlt.

Michel Foucault, 1969

I. Einleitung

Zu den Sternen reist man mit dem Observatorium – so will es jedenfalls die Medaille, welche anlässlich der Gründung des Pariser Observatoriums im Jahre 1667 den Spruch aufgeprägt bekam: »Sic itur ad astra«. Zu den Sternen gelangt man aber auch mit dem Fernrohr, das als Bild dieselbe Medaille ziert. Dass der Spruch, indem er mit einer zweideutigen Referenz spielt, sowohl Organisation als auch Instrument als Medium bezeichnen kann, verdankt sich dem Medium der Medaille selbst, deren Existenzbedingung jedoch wiederum die Gründung des Observatoriums darstellt. Diese verwickelte Situation sollte uns davor warnen, mit einem substantialisierten und überhistorischen Begriff des Mediums zu operieren. Das gilt auch für die Medien der Astronomie, um die es hier gehen soll: Wie Joseph Vogl bereits festgestellt hat, ist das Fernrohr kein einfaches Ding, dessen Wesen durch seine technische Konstruktion bestimmt wäre und das ein für alle Mal die Art der Wahrnehmung determinieren würde.¹ Vielmehr lässt es sich nur als Funktion innerhalb eines komplexen Gefüges von technischen Apparaturen, Institutionen, Praktiken und Wissensformen ausmachen und beschreiben.

Meine Untersuchung wird sich auf einen zeitlich und räumlich eng umgrenzten Bereich konzentrieren und versuchen, so etwas wie ein Standbild des dort implementierten ›Beobachtungssystems‹ zu liefern. In Anlehnung an Hans-Jörg Rheinbergers ›Experimentalsystem‹ soll dieser Begriff den Blick weg von den Paradigmen oder Theorien einer vorgängig konstruierten Wissenschaft lenken und vielmehr die Darstellungsräume und Praktiken eines durch die Transmission und Transforma-

tion bestimmter Einschreibungen errichteten Netzwerks ins Auge fassen.² Beobachtung wird dabei – entgegen der alltäglichen Bedeutung – nicht als passive Anschauung oder Kontemplation verstanden, sondern als Tätigkeit, die Einschreibungen verschiedenster Art hinterlässt. Diese Spuren sind häufig Zeichen oder Graphiken, können jedoch auch aus automatischen Einschreibungen, etwa Fotoplatten, oder aus Samples wie Gesteinsproben bestehen. In jedem Fall sind sie mobil und können weiteren Verfahren unterworfen werden.³ Die Beschaffenheit der Spuren unterliegt entgegen der Auffassung einer technikdeterministischen Medienwissenschaft nicht nur den Bedingungen der Darstellung, die ihnen von den Aufschreibegeräten vorgegeben werden. Ihre Produktion hängt ebenso von jener Praxis ab, welche die Medien überhaupt erst ins Werk setzt. Wie jede Tätigkeit ist auch diese nicht voraussetzungslos, sondern unterliegt unbewussten Wahrnehmungs- und Handlungsschemata, die hier mit dem Begriff *Habitus* bezeichnet werden sollen und die, wie bereits Panofsky betont hat, Resultate einer institutionellen Einübung sind.⁴

Meine Untersuchung wird deshalb bei der Disziplin (im doppelten Wortsinn) der Astronomie und jener Institution beginnen, die Ende des 18. Jahrhunderts vorgab, diese zu verkörpern. Dabei muss zu allererst geklärt werden, was damals überhaupt unter »Astronomie« verstanden wurde. Mari Williams hat gezeigt, wie eine Rückprojektion heutiger Kategorien zu Fehleinschätzungen der Interessen von Astronomen des 18. Jahrhunderts führt.⁵ Auch in dieser Wissenschaft wurde im Laufe der Geschichte stets von Neuem darum gekämpft, was als legitimer Gegenstand der Forschung, als richtig gestelltes Problem oder als relevantes Faktum zu gelten hatte.

Solche Fragen zu klären und damit der eigenen Tätigkeit ein kohärentes Programm zu unterstehen war die Aufgabe der zeitgenössischen Astronomiegeschichte. In diesen Texten finden sich deshalb auch Bemerkungen darüber, welche Medien zur Ausübung der Astronomie notwendig sind und wie ihre Verwendung auszusehen hat. Dabei lässt sich vermuten, dass die Beschreibung dieser Medien-Funktionen dem Blickwinkel einer ganz bestimmten institutionellen Praxis geschuldet ist. Deswegen ist das im Folgenden dargestellte Beobachtungssystem nicht das einzige des 18. Jahrhunderts, ja wahrscheinlich nicht einmal das einzige, das in Paris zu jener Zeit existierte. Da die Aufzeichnungen, die jenes System produzierte, jedoch weitreichende institutionelle und theoretische Bedürfnisse stillten, ist es wahrscheinlich, dass auch an anderen Orten ähnliche Verschaltungen von Praktiken und Medien existierten.

1. Geschichte und Gegenwart der Wissenschaft

Im Jahre 1781 erschien in Paris eine umfangreiche *Histoire de l'astronomie ancienne, depuis son origine*, vier Jahre später folgte eine dreibändige *Histoire de l'astronomie moderne*. Ihr Autor, Jean-Sylvain Bailly, war ein professioneller Astro-

nom, der bereits 1766 durch einen Essay über die Bewegungen der Jupitermonde aufgefallen war. Der interessantere Teil dieses Essay war nach dem Urteil der Zeitgenossen die 50-seitige historische Einleitung.⁶ Bailly behandelte die Geschichte der Astronomie als die Geschichte einer durch ihren Gegenstand von anderen Wissenschaften getrennten Disziplin, deren überhistorisch existierendes Programm sich im Laufe der Zeit entfaltet hatte, um den damals aktuellen Stand zu erreichen. Die Funktion der Diskursform *Histoire des Sciences* bestand gemäß dieser Teleologie darin, Reflexionen über die Ziele, Methoden und Voraussetzungen der astronomischen Tätigkeit anzustellen. Die Astronomie sollte dabei klar umgrenzt, aber auch als Teil eines größeren Ganzen verstanden werden: »L'Histoire des Sciences est une des branches de l'Histoire de l'esprit humain. Elles forment un système de connaissances dont les progrès suivent la marche du tems, & lient les siecles les uns avec les autres.«⁷ Dieses *système de connaissances*, das alle Wissenschaften in einem synchronen Tableau versammelte, konnte gleichzeitig eine jede von ihnen zu ihren Ursprüngen zurückverfolgen. Bereits d'Alembert hatte eine solche systematische Ordnung mit einer historischen Erzählung und einer sensualistischen Erkenntnistheorie zusammengeschlossen, um einen möglichst vielfältigen Zugang zum Wissen zu ermöglichen.

Ging es bei der Encyclopédie um einen ›interdisziplinären‹ Anspruch, der gerade durch diese Multiperspektivität die Trennungen zwischen den Wissenschaften stets zu unterlaufen drohte, so zielten die historischen Versuche der Astronomen eher darauf ab, die Identität ihrer Disziplin abzusichern. Die zu diesem Zweck initiierte Suche nach einem ›Ursprung‹ fand in einer inkommensurabel fernen Vergangenheit jenen mythischen Augenblick, an dem Geschichte und Methode zusammenzufallen schienen: In der Vorstellung der Autoren waren die Schäfer die ersten, die den Himmel nicht nur naiv betrachteten, sondern Ordnung in das Chaos der Anschauung brachten und die Regelmäßigkeit bestimmter Abläufe feststellten.⁸ Dieser Reihenfolge sollte jeder Erwerb astronomischer Kenntnisse folgen: »(...) la génération des choses doit précéder leur définition. Enfin je n'ai pas commencé par l'histoire de l'astronomie, il auroit fallu supposer l'astronomie connue; mais j'ai tâché de conduire l'histoire avec la chose même en indiquant l'ordre des inventions.«⁹

Wenn Lalande hier »die Sache selbst« gegen die »bekannte Astronomie« ausspielte, so geschah dies nur, um von den zeitgenössischen Resultaten dieser Wissenschaft solange abzusehen, bis geklärt war, wie man zu diesen gelangte. Somit ging es nicht darum, ein historisches Werden aufzuzeigen, sondern ein Ergebnis verstehbar und reproduzierbar zu machen. Explizit wandte sich Lalande hier gegen Lacailles Lehrbuch, das den Leser sofort in die Sonne versetzte und von da aus die Anordnung der Planeten erklärte, während doch der unvoreingenommene Betrachter erst verstehen sollte, wie man von der Anschauung des Himmels zu einem System wie dem Kopernikanischen überhaupt gelangen kann.¹⁰ Folgerichtig begannen auch viele andere Lehrbücher mit der Erläuterung der scheinbaren Himmelskugel: Ausgehend von Horizont und Pol wurde die Konstruktion der Großkreise erklärt, wur-

den die Kardinalpunkte eingetragen und die scheinbaren Bewegungen der Himmelskörper verzeichnet.¹¹ Für diese Konstruktionen war der Sternenhimmel nur als Hintergrund wichtig, dessen Gliederung in Sternbilder die Auffindung der Planeten erleichterte. Stellare Objekte wie ›Nebel‹ wurden nur kurz behandelt und waren nicht selbst Gegenstand der Forschung. Die Astronomen des 18. Jahrhunderts waren hauptsächlich an den Bewegungen der Objekte des Sonnensystems interessiert.¹²

Der Grund für diese Einstellung lag in den Problemen und Aufgaben, welche die zeitgenössische Astronomie sich selbst vorgab, sowie in den verfügbaren Mitteln zu ihrer Lösung. Diese waren ein Erbe von Newtons Werk. Seine Himmelsmechanik hatte die alte Kluft zwischen Physik und Astronomie überwunden und auf dieser Ebene auch den Cartesianismus verdrängt, dessen Wirbeltheorie, die auf korpuskularen Erklärungen beruhte, einer messenden Astronomie tendenziell zuwiderlief. Die Astronomie war nun eine Wissenschaft der Berechnung geworden, die sich vornehmlich jenen Problemen widmete, die das ›Ereignis Newton‹ hinterlassen hatte, wie etwa die Beschreibung von Kometenbahnen, vor allem der Bahn des Halley'schen Kometen, die Berechnung der Form der Erdkugel sowie die Bewegungsgesetze eines Systems mit drei Körpern.¹³ So definierte sich die Astronomie selbst als die Wissenschaft von der Position und Bewegung der Himmelskörper: »L'Astronomie est la science du mouvement des corps célestes, & de ce qui en dépend; tous les astres en sont l'objet; l'observation & le calcul sont les moyens qu'elle emploie.«¹⁴

Diese Ausrichtung macht klar, warum in den Lehrbüchern die Kenntnis der Großkreise so wichtig genommen wurde, stellten diese doch Koordinatensysteme zur Positionsbestimmung zur Verfügung. Für deren Verständnis waren Mathematik und Geometrie vonnöten, deren Grundkenntnisse in den Lehrbüchern vorausgesetzt wurden. Die legitimen Mittel zur Beschreibung himmlischer Begebenheiten waren hier weder Worte noch Bilder, sondern Zahlen und Formeln; das begann bei der Positionsbestimmung über Winkel- und Zeitmaße und ging bis zu komplizierten Bahnrechnungen. So beschreibt Cousin die Fortschritte der neuesten Astronomie mit den lapidaren Worten: »Tous les problèmes d'astronomie physique avoient été mis en équations.«¹⁵ Einzig die mathematische Analyse, heißt es dort, kann Phänomene so beschreiben, dass die ihnen unterliegenden Gesetzmäßigkeiten ans Licht gebracht werden. Die dazu erforderliche Vorgangsweise erläuterte Cousin in einem Lob der Gravitationstheorie Newtons:

»Les résultats de cette admirable théorie représentent les phénomènes avec la même exactitude que s'ils étoient donnés par les observations les plus précises. (...) L'analyse nous apprend à combiner nos notions particulières pour en former des idées abstraites qui embrassent les propriétés générales des corps; à nous élever, de l'inspection des phénomènes, jusqu'à ces lois immuables auxquelles tout changement est soumis.«¹⁶

Diese Abstraktion, die sich von den Beobachtungen zu den Gesetzmäßigkeiten erheben sollte, musste notwendig die Ziffern, welche die Beobachtungstätigkeit hinterlassen hatte, als Zahlen betrachten, die unabhängig von den Bedingungen ihrer Produktion mit anderen Zahlen ins Verhältnis gebracht werden konnten. Die Mate-

rialität der Einschreibungen trat gegenüber der Unkörperlichkeit der Bedeutung zurück, fand jedoch andern Orts, nämlich im Diskurs der *Histoire des Sciences*, noch einmal eine Bleibe. So benutzte Bailly im Hauptteil seines *Essais sur la Theorie des Satellites de Jupiter*, der fast ausschließlich aus Rechnungen bestand, Zahlen, deren Quellen dort nicht ausgewiesen wurden. Im Vorwort hingegen besprach er ausführlich die Schwierigkeiten solcher Kalkulationen und verwies auch auf das Problem der Daten, die durch verschiedene Fehlerquellen korrumpiert sein könnten: Die Beobachtung der Eklipsen gestalte sich vor allem beim ersten und zweiten Mond nicht leicht, und es würden erst für eine kurze Zeitspanne genaue Beobachtungsdaten existieren.¹⁷ Die Beschreibung dieser Schwierigkeiten und die anschließende *Histoire de l'Astronomie des Satellites de Jupiter* sollte die Verlässlichkeit der Ziffern garantieren, indem sie die Bedingungen ihrer Produktion offenlegte. Damit die bereits vor längerer Zeit aufgezeichneten Ziffern jedoch überhaupt für aktuelle Rechnungen verwendet werden konnten, musste ihre fehlerfreie Überlieferung gesichert sein. Das Instrument, das jene Herstellung und Speicherung von Daten überhaupt erst ermöglichte, führte zu einer Medienrevolution, in deren Schatten Baily's Geschichte selbst stand.

2. Medienrevolution I: das dépôt

»Les premiers instrumens pour les progrès des sciences furent les Académies«:¹⁸ Mit diesen Worten beginnt das sechste Kapitel der *Histoire de l'astronomie moderne*. Es trägt den Titel *De l'Établissement des Académies, & de l'Invention des nouveaux Instrumens* und behandelt jene Medienrevolutionen, welche die Bedingungen der modernen Astronomie und damit auch die Bedingungen von Baily's Geschichte selbst angaben. Die Instrumente, welche den Fortschritt der Astronomie gewährleisteten, waren die Observatorien. Die wichtigsten, so Bailly, wurden fast zur selben Zeit gegründet: nämlich das Observatorium von Greenwich und jenes von Paris. Und an diesen Orten entstand die Astronomie als Disziplin, so wie sie zu seiner Zeit ausgeführt wurde: »C'est dans ce lieu [à Paris, Anm. TB], c'est à Greenwich que se développent toutes les ressources de l'art d'observer & les methodes que nous allons décrire dans le livre suivant.«¹⁹ Nun ist diese Bemerkung wenn schon nicht falsch, so doch ein wenig beschönigend. Das Observatorium von Paris wurde 1667, neun Jahre früher als jenes von Greenwich, und mit einer völlig anderen Zielsetzung errichtet. Bei seiner Gründung war die gesamte konzeptuelle und architektonische Anlage gegen ein Verständnis der Astronomie als einer Disziplin gerichtet, die unabhängig von anderen Wissenschaften wäre. Vielmehr wurde sie als Emblem für den Fortschritt benutzt, den die Wissenschaften insgesamt in neuerer Zeit und zumal in Frankreich genommen hatten.²⁰ Wie alle Unternehmen Colberts war auch dieses ein Prestigeunternehmen, das der Glorifizierung Ludwigs XIV. dienen sollte. Damit unterschied es sich vom Observatorium in Greenwich, das einen klar umrissenen Auftrag hatte, nämlich die Erstellung neuer Sternverzeichnisse zur Berech-

nung der Längengrade und mithin zum Nutzen von Seefahrt und Handel.²¹ Der Pariser Sternwarte hingegen wurde kein Forschungsprogramm vorgegeben. Sie unterstand direkt der *Académie des Sciences* und sollte die Vielfalt der dort behandelten Wissenschaften repräsentieren. Es war geplant, im Gebäude ein chemisches Laboratorium, ein anatomisches Theater, naturkundliche Sammlungen und Instrumente, eine Bibliothek und einen öffentlichen Vortragssaal einzurichten. Die Nachteile einer solchen Anordnung machten sich bald bemerkbar. Von den meisten Mitgliedern der *Académie* nicht angenommen, litten die wenigen Astronomen, die dort arbeiteten, an der für astronomische Beobachtungszwecke völlig ungeeigneten Anlage des Gebäudes. Picard und Auzout konnten sich in einem Richtungsstreit, in dem sie für ein streng einheitliches, auf präzise tägliche Messungen aufgebautes Forschungsprogramm plädierten, nicht durchsetzen, und in den nächsten 150 Jahren bestimmte die Familie Cassini, welche über vier Generationen die inoffiziellen Direktoren stellte, die Richtung der Arbeit. Neben astronomischen Beobachtungen wurden Versuche mit fallenden Körpern, mit der Magnetnadel sowie dem Barometer und dem Thermometer durchgeführt. Trotz der hohen Qualität der Beobachtungen der Cassinis sank das Observatorium im Laufe des 18. Jahrhunderts in die Bedeutungslosigkeit ab, da viele bedeutende Astronomen sich Privatsternwarten eingerichtet hatten und von dort aus ihre Untersuchungen durchführten. Als Jean Bernoulli 1769 Paris besuchte, fand er nur noch Cassini, de Thury und Maraldi im Observatorium vor, die Instrumente waren zerstreut oder in schlechtem Zustand.²² Erst als Cassini 1771 offiziell zum Direktor des Observatoriums ernannt wurde, begann er mit ernsthaften Reformversuchen, die jedoch von Machtkämpfen mit der *Académie* beeinträchtigt wurden.

In diese Epoche fallen die Werke Baillys, und obwohl er als Mitglied der *Académie* zumindest einmal einen wichtigen Reformvorschlag Cassinis zu blockieren versuchte, sind sich ihre Aussagen erstaunlich nahe, wenn es um die interne Organisation der Astronomie geht. Jenes Memorandum Cassinis, das auf so heftigen Widerstand stieß, forderte neben der Anschaffung und Reparatur von Instrumenten die Einstellung dreier Schüler, die unter dem alleinigen Befehl des Direktors kontinuierlich und systematisch Beobachtungen anstellen und schriftlich festhalten sollten. So würde sich im Lauf der Jahre ein Register mit Daten ergeben, mit Hilfe dessen Gelehrte aus aller Welt ihre eigenen Aufzeichnungen vergleichen und korrigieren könnten. Ein solches Vorhaben konnte nicht von einer Person bewältigt werden: »Un plan si vaste de travail ne peut être exécuté que par le concours de plusieurs personnes réunies, travaillent de concert dans le même esprit et suivant les mêmes méthodes.«²³ Auch für Bailly gewährleistete nur die Regelmäßigkeit institutionalisierter Abläufe, dass die Art der Forschung über längere Zeit hinweg dieselbe blieb, auch wenn die Personen wechselten. Nur die Institution konnte eine Kontinuität sicherstellen, die für die Zusammenarbeit mehrerer Generationen von Forschern und damit für den Fortschritt der Wissenschaft in der Zeit unabkömmlich war. Diese Vorgaben erforderten jedoch eine arbeitsteilige Organisation.

Bailly unterschied, als er die Methoden der Astronomie besprach, den *Astronome philosophe* vom gewöhnlichen *Observateur*. Während ersterer durch sein *génie* gekennzeichnet sei und jene abstrakten Berechnungen durchführte, die schließlich zur Auffindung von Ursachen der Naturabläufe zu führen hatten, sollte letzterer nur sammeln: »Les Observateurs recueillent, les faits s'accroissent comme les matériaux d'un édifice, & attendent l'homme de génie, qui seul peut être l'Architecte du monde.«²⁴ Diesen Unterschied hatte auch Cassini im Auge, als er 1792 in einem anderen Memorandum die Trennung zwischen den Schülern und dem Direktor des Observatoriums verteidigte. Es gäbe nämlich, so Cassini, einen Unterschied zwischen dem eigentlichen Astronomen und dem *observateur*: »(...) le premier est celui qui embrasse l'ensemble de la science, qui en connaît et approfondit toutes les théories, rassemble et compare les faits, les données, et en tire les résultats. L'observateur est celui qui se livre particulièrement à l'observation.«²⁵

Die institutionalisierte Routine sollte gewährleisten, dass der Beobachter möglichst zuverlässig als »Schreibmaschine« funktioniert. Das war deshalb so wichtig, weil erst eine solche Beständigkeit der Beobachtungspraxis jenen gesicherten Bestand an Daten liefern konnte, der das Grundkapital kommender Generationen darstellen und so den Fortschritt der Disziplin sichern würde: »La constance & le travail suffisent pour que les observations s'accroissent, & pour former les dépôts, qui sont le fondement des travaux de la posterité, quand ils lui sont transmis.«²⁶ Diese *dépôts* waren die Sammlungen jener Einschreibungen, welche die Beobachtungstätigkeit produzierte: Kolonnen von Ziffern, die präzise die Position bestimmter Sterne zu bestimmten Zeiten verzeichneten. Sie bildeten das Rohmaterial für die Rechnungen und damit das wichtigste Werkzeug einer auf mathematischer Beschreibung basierenden Astronomie. Veröffentlicht wurden sie anfangs in den *Mémoires de l'Académie des Sciences* sowie im *Journal des Savants*, bis dann 1786 das neu gegründete *Journal des Observations faites à l'Observatoire de Paris* jährlich die Daten der laufend durchgeführten Beobachtungen lieferte. Zusätzlich dazu schlug bereits 1738 Pierre Charles Le Monnier die Publikation sämtlicher am Pariser Observatorium seit seiner Gründung durchgeführten Beobachtungen vor. Er begründete sein Unternehmen mit dem großen Nutzen, den solche Daten bereits in der Vergangenheit für den Fortschritt der Astronomie gehabt hätten. So wären Keplers Theorien ohne die Daten Tycho Brahes genauso undenkbar gewesen wie die Theorien Newtons ohne die Beobachtungen Flamsteeds.²⁷ Im ersten und einzigen Band seiner *Histoire Celeste*, der 1741 in Paris erschienen war und nur die Beobachtungen von 1666 bis 1686 enthielt, begann auch Le Monnier mit einem historischen Abriss über die Beobachtungstechniken, mögliche Fehlerquellen und deren Korrektur, ehe das Register der Daten folgte.

Solche *dépôts* waren jene Medien des Speicherns und Übertragens, ohne die eine rechnende Astronomie nicht auskommen konnte. Ihr Inhalt, dessen stetiges Anwachsen durch die Disziplin der Beobachter gewährleistet werden sollte, war jedoch nicht lesbar und interpretierbar wie etwa Zeichnungen. Die Ziffern der *dépôts*

waren ausschließlich operationalisierbar. Um einen Nutzen zu haben, mussten sie in einer Rechnung an einem bestimmten Platz als Variablen aktualisiert werden. Die Form dieser Medien, die Liste, bestimmte aber auch die Techniken jener Beobachtungspraxis, welche ihr Wuchern allererst ermöglichte.

3. Medienrevolution II: die Instrumente

Die zweite Medienrevolution, die Bailly im sechsten Kapitel seiner *Histoire de l'Astronomie moderne* behandelte, betraf die Entwicklung der Instrumente. Hier zeigt sich deutlich, wieweit die den technischen Geräten zugeschriebenen Funktionen und Leistungen von den »sozialen Notwendigkeiten« abhängen, welche den in den Apparaten angelegten Potentialen eine Form verleihen.²⁸ Diese Notwendigkeiten bestimmen nicht nur den jeweils gegenwärtigen Gebrauch eines Geräts, sondern auch die Art, wie die Geschichte seiner technischen Entwicklung erzählt wird. Nur so wird verständlich, warum Bailly die mediale Revolution der Astronomie nicht bei Galileis erstmaligem Einsatz des Fernrohrs ansetzte. Entscheidend waren für ihn vielmehr jene Verbesserungen, die um 1666 – zur Zeit der Gründung der Observatorien – an diesem Instrument vorgenommen wurden: »Les télescopes, découverts en 1610, n'avoient pas reçu beaucoup de perfection jusqu'à cette époque de 1666.«²⁹ Zwei technische Neuerungen waren hier ausschlaggebend: die Erfindung der Mikrometer und die Anwendung der Fernrohre auf Winkelmessgeräte wie Quadranten. Zusammen mit der von Huyghens ebenfalls zu jener Zeit konstruierten Pendeluhr würden sie eine Präzision ermöglichen, die fast an die der Mathematik heranreiche. Damit ging eine Neuordnung der Beobachtungspraxis einher, welche sich auch auf die Qualität der Daten auswirkte: »Cette perfection ajoutée aux instruments, cette exactitude dans la pratique, influa sur toutes les observations, & d'une manière assez marquée pour produire une révolution.«³⁰ Der neue Habitus der Beobachtung korrelierte mit jenen Dispositionen, wie sie in der Medientechnik der *dépôts* und der organisatorischen Struktur der Observatorien vorgegeben waren, und änderte die mediale Funktion des Fernrohrs grundlegend.

3.1. Mediale Funktion

Die Verschaltung mit den Winkelmessgeräten beraubte das Fernrohr jenes privilegierten Status, durch den es seit Galilei die Aufgaben und Praktiken der Astronomie als Wissenschaft mitbestimmte. Mit den Arbeiten Galileis hatte das Fernrohr ein völlig neues Feld der Sichtbarkeit erzeugt, das sofort als Schauplatz astronomischer Diskussionen konstituiert wurde. Die Interpretation der nun sichtbar gewordenen Phänomene, vor allem die der Beschaffenheit der Mondoberfläche und der Sonnenflecken, wurde als entscheidend für die Klärung theoretischer Probleme angesehen. Da die Qualität der einzelnen Geräte stark variierte und es oft keine Möglichkeit

gab, die Beobachtungen Anderer zu verifizieren, mussten Mittel der ›virtuellen Zeu-
genschaft‹ gefunden werden, die es auch anderen Gelehrten erlauben sollten, die
Resultate einer Beobachtung zu überprüfen.

Galilei vertraute zwar dem geschriebenen Wort mehr als der bildlichen Darstel-
lung, dennoch ist bereits bei seinen Zeichnungen des Mondes der Einfluss künstleri-
schen Wissens sichtbar. So war die Kenntnis von den Gesetzen der Perspektive die
Voraussetzung dafür, das am Mond Gesehene als dreidimensionale Oberfläche, als
Berge und Täler zu erkennen.³¹ Ab den 1640er Jahren entwickelte sich eine visuelle
Sprache, an deren Durchsetzung Hevelius' *Selenographia* maßgeblichen Anteil
hatte und welche die Astronomie schließlich zu einer visuellen Wissenschaft
machte.³² Die wichtigste Aufgabe war hier die getreue Wiedergabe der durch das
Fernrohr erzeugten Bilder, die ja seit Kepler als analog zu den Netzhautbildern ver-
standen wurden. Wie man im Anschluss an Svetlana Alpers feststellen kann,
ähnelte diese ›Sehkultur‹ jener der holländischen Malerei in ihrer Betonung der
Identität von Sehen und Zeichnen, in ihrem Interesse für Oberflächenstrukturen
und in der Relevanz, die sie handwerklichen Praktiken beimaß.³³

Die Positionsastronomie, die sich weniger um das Sehen als um das Rechnen
kümmerte, und deren bevorzugte Darstellungsform das Diagramm war, gab es da-
neben freilich immer noch. Die Schwierigkeit, beide Stränge zusammenzuführen,
zeigte sich an Hevelius' berühmter Weigerung, Fernrohre auf seinen Kreisinstru-
menten anzubringen.³⁴ Bailly sah darin das Resultat einer menschlichen Schwäche:
Die durch technische Neuerungen erreichte Präzision habe alle bisher gesammelten
Daten obsolet gemacht und das Lebenswerk des einstmals berühmtesten Astrono-
men Europas zerstört, der die besten Jahre seines Lebens darauf verwendet hatte,
ein neues Verzeichnis aller Himmelsobjekte anzulegen. Er habe es nicht verkraften
können, dass sein Lebenswerk, seine wertvollen Instrumente und seine mühsam zu-
sammengestellten Beobachtungen nun einfach wertlos geworden wären. Eine
menschliche Regung, die zwar verständlich sei und sogar ihre guten Seiten habe,
dennoch überwunden gehöre: »C'est sans doute une grand opération que le renou-
vement presque total d'une science; mais il faut avoir le courage de sacrifier le
passé à l'avenir, & de détruire une partie de la maison de ses ancêtres, pour la re-
bâtir sur de meilleurs fondemens.«³⁵

Bailly musste dieses Ereignis durch einen ›Charakterfehler‹ Hevelius' erklären,
da ein Bruch in den Praktiken und Aufgaben der Astronomie in seiner Art der Ge-
schichtsschreibung nicht denkbar war. Hier stellte das Fernrohr bloß eine wei-
tere Verbesserung der Kreisinstrumente dar, welche die eigentlich wichtigen Werk-
zeuge der Wissenschaft waren. Deshalb kann im historischen Abschnitt von Lalan-
des Astronomie Tycho Brahe als Erneuerer der Astronomie gefeiert werden, als
größter Beobachter aller Zeiten, ohne dessen Präzision die Entdeckungen Keplers
nicht möglich gewesen wären. Seine Verdienste werden auf acht Seiten ausgebreitet,
während die Galileis auf fünf Zeilen Platz finden, wobei das Fernrohr und die Ent-
deckung der Jupitermonde nur beiläufig erwähnt werden.³⁶

Da das Fernrohr nun nur in Kombination mit den Winkelmessgeräten sinnvoll verwendet werden konnte, war ihm auch kein Sonderstatus mehr zuzusprechen. Als wichtigste Instrumente für die Astronomie galten der Quadrant, welcher nunmehr mit einem Fernrohr und einem Mikrometer versehen war, und die Pendeluhr: »Le principal instrument d'astronomie, et celui qui sert pour les hauteurs correspondantes dont nous venons de parler est le quart-de-cercle mobile; c'est de tous nos instruments celui dont l'usage est le plus ancien, le plus général, le plus indispensable, le plus commode.«³⁷ Als Kriterium galt nun die Präzision, und der Schwierigkeit, die Skalen der Winkelmessgeräte möglichst genau einzuteilen, wurde mehr Aufmerksamkeit geschenkt als der Erhöhung der optischen Stärke des Fernrohrs.³⁸

3.2. *Habitus der Beobachtung*

Nach Bailly sitzt der Astronom, umgeben von seinen Instrumenten, in seinem Observatorium: »C'est là que l'astronôme est debout, attentif à tous les phénomènes; il devient le centre du monde, le ciel roule autour de lui, & la nature est en mouvement pour se développer à ses regards.«³⁹ Der Blick, mit dem der Beobachter das Schauspiel der Natur erfasste, war von einem Habitus strukturiert, der auch die Art und Weise regelte, in der das Fernrohr zum Einsatz kam. Bereits der Standort »im Mittelpunkt der Welt« verortete den Beobachter innerhalb des geometrischen Modells der vermeintlichen Himmelskugel, welche bekanntlich das erste Ordnungsprinzip der Astronomie darstellte. Genau dieses Ordnungsprinzip bestimmte nun auch das Sehen durch das Fernrohr, welches seit 1666 mit einem Mikrometer ausgestattet war.⁴⁰

Dieses Gerät basiert auf einer oder mehreren Schrauben, deren Drehungen im Sichtfeld des Teleskops angebrachte Markierungen – etwa dünne Fäden – bewegen. Der Abstand der Markierungen lässt sich, nachdem das Gerät kalibriert wurde, durch die Anzahl der Schraubendrehungen an einer Skala ablesen. Damit wird die Messung sehr kleiner Abstände möglich, die für astronomische Zwecke in Winkelmaße umgerechnet werden können, um den Durchmesser von Himmelsobjekten und damit ihre verhältnismäßige Größe festzustellen. Hierzu werden Mikrometer verwendet, die sich im Okular des Teleskops befinden und deren Fäden sich genau im Fokus treffen müssen. Ist das nicht der Fall, liegen die Fäden und das zu messende Objekt nicht in derselben Ebene und es kommt zu einer Parallaxe, was die Genauigkeit der Messung beeinträchtigt.⁴¹ Das Sehen spielt sich hier vollkommen in der Fläche ab: Ging es bei Galilei noch darum, dem Gesehenen eine räumliche Dimension zu verleihen, so sind nun die sichtbaren Objekte auf dieselbe Ebene des *champ de la lunette* zu bringen.⁴² Der bewegliche Faden, *curseur*⁴³ genannt, wird mit der Schraube so positioniert, dass das Objekt genau zwischen zwei Fäden zu liegen kommt, wozu viel Fingerspitzengefühl notwendig ist. Noch schwieriger wird es, wenn das Mikrometer zur besseren Unterscheidbarkeit der Fäden beleuchtet werden soll, was entweder mit einer Lampe geschehen kann, wie sie William Her-

schel 1782 in den *Philosophical Transactions* beschrieben hatte, oder mit einem Wachsstock, eine Methode, die Darquier bevorzugte. Der Übersetzer wies in einer Fußnote jedoch darauf hin, dass dabei nicht mehr beide Hände frei waren, was einen beträchtlichen Nachteil darstellte.⁴⁴ Diese Bemerkung macht deutlich, dass beim Beobachten nicht das isolierte Auge – und damit der Sehsinn – im Mittelpunkt stand. Darquier betonte immer wieder, wie sehr die Disposition des Körpers den Beobachtungsprozess mitbestimmt: »Bemühen Sie sich bey jeder anzustellenden Beobachtung eine bequeme Stellung zu haben; man observirt allermaal schlecht, wenn man nicht seine Bequemlichkeit hat.«⁴⁵ Vor allem die Hand war es, ohne die jene Form der Beobachtung nicht möglich wäre. Sie konstituierte jenen Bereich der Sinneswahrnehmung, der sich dem Messen kleiner Abstände widmete: »Il est évident que pour avoir l'idée, ou, si nous osons le dire, la sensation mesurée de ces intervalles encore petits, quoiqu'amplifiés par le télescope, il falloit un organe flexible & mobile qui pût s'accomoder à leur petitesse. C'est une main délicate, qui touche tout ce que l'oeil peut appercevoir; appliquée sur ces objets déliés, elle joint son rapport à celui de la vue.«⁴⁶

Neben dem Messen der Durchmesser von Himmelskörpern wurde das Mikrometer bereits von Jean Dominique Cassini in Verbindung mit der Pendeluhr dazu benutzt, Zeitunterschiede möglichst genau festzustellen. Damit konnte etwa die Differenz in der Rektaszension von Sternen festgestellt werden, um ihre Position auf der vermeintlichen Himmelskugel zu bestimmen. Dabei wurden die Großkreise der Himmelskugel in das Sichtfeld des Fernrohrs hineinprojiziert: Der transversale Faden des Mikrometers wurde so eingerichtet, dass der erste Stern, solange er sich im Sichtfeld befindet, bei seiner Bewegung genau darauf entlangläuft, wodurch er einen Parallelkreis repräsentiert, während die senkrecht dazu stehenden Fäden Meridiane darstellen. Wenn der erste Stern den mittleren Meridianfaden durchläuft, wird die Zeit gemessen, bis der zweite Stern diesen Faden passiert. Diese Zeitspanne konnte dann in Bogenmaße umgerechnet werden und ergab so den Unterschied in der Rektaszension.⁴⁷ Zum Komplex Auge-Hand gesellte sich hier noch eine dritte Ordnung der Wahrnehmung: das Ohr, welches die Schläge des Pendels genau dann zu zählen beginnen musste, wenn ein Objekt sich über eine bestimmte Markierung bewegte. Den richtigen Zeitpunkt zu erwischen war jedoch nicht einfach: »denn Sie dürfen sich nicht schmeicheln, die Secunde davon zu treffen, als durch eine Art Zufall.«⁴⁸

4. Schlussfolgerungen

Das Auge am Fernrohr, die Hand am Mikrometer, das Ohr an der Pendeluhr – diese Praxis der Beobachtung schaltete drei Register der Wahrnehmung zusammen und ordnete sie einem allgemeinen Ordnungsschema, dem Koordinatensystem der vermeintlichen Himmelskugel, unter. Was hier den Bereich des Sichtbaren ausmachte,

lässt sich nicht durch einen Rekurs auf das Sehen als vorgängigen, anthropologisch fundierten Bereich der Sinneswahrnehmung verstehen. Erst das Zusammenspiel von organisatorischer Disziplin, Aufzeichnungstechniken und Beobachtungsgapparaten konstituierte Funktion und Charakter der Wahrnehmung. Und diese ähnelte hier mehr dem »Ablesen der Stellung von Zeigern«⁴⁹ als irgendeiner anderen Weise des Sehens: Der Beobachter kümmerte sich nicht um die Gestalt der wahrgenommenen Objekte, sondern verzeichnete nur ihre Position innerhalb eines Koordinatensystems. Seine Tätigkeit, die hauptsächlich auf Routine und Übung beruhte, sollte jenes *depôt* an Ziffern liefern, das später dem *astronome philosophe* zur Konstruktion von Theorien zur Verfügung stehen konnte.

Die hier konzipierte Funktion des Beobachters als »Schreibmaschine« warf folgeschwere Probleme im Hinblick auf seine Zuverlässigkeit auf. Die Versuche, individuelle Differenzen in der Zeitmessung auszugleichen, führten Anfang des 19. Jahrhunderts zum Konzept der »persönlichen Gleichung«, das schließlich auch die Wahrnehmungspsychologie beschäftigen sollte.⁵⁰ Gleichzeitig unterschied sich dieser Habitus grundlegend von dem anderer Beobachter zu dieser Zeit. Einerseits rückte die individuelle Beschaffenheit von Himmelskörpern wieder in den Blick, nachdem William Herschel erneut mit dem Bau von Teleskopen mit sehr starker Vergrößerungsleistung begonnen hatte: »M. Herschell regarde les apparences des corps plus que les temps«,⁵¹ und das unterscheidet ihn von allen anderen Astronomen. So äußerte Nevil Maskelyne 1803 seine Verwunderung über den seltsamen Beobachtungsstil des Außenseiters, der keiner institutionellen Tradition angehörte und auch keine reguläre astronomische und mathematische Ausbildung genossen hatte. Wie Simon Schaffer nachgewiesen hat, war diese Art der Beobachtung Bestandteil eines völlig neuen Forschungsprogramms, das seinen Ursprung in der zeitgenössischen Naturgeschichte hatte. Herschel richtete seine Teleskope vor allem auf stellare Objekte wie Nebel, deren mannigfaltige Erscheinungen er präzise beschrieb, zeichnete und schließlich in ein Klassifikationssystem brachte. Diese Ordnung war von seinen Theorien über die Entwicklungsgeschichte dieser Objekte geleitet und strukturierte so seinen Blick. Das Fernrohr war hier wieder ein Medium des Sehens geworden und Techniken der visuellen Darstellung kam in der folgenden Diskussion um die Natur der Nebel große Bedeutung zu.⁵²

Ein weiterer Habitus der Beobachtung zeigt sich bei einigen deutschen Rezipienten von Herschels Entdeckungen, deren Interessen eher physiko-theologischer Natur waren. Johann Hieronymus Schröter etwa verfertigte detaillierte Beschreibungen von Planeten, Monden und Kometen, um Spuren von dort existierendem Leben aufzufinden. Das Interesse daran wurde von der Überzeugung geleitet, dass Gott die Himmelskörper nicht nur für uns geschaffen hat und dass sie, weil bewohnbar, auch bewohnt sein werden.⁵³ Die Betrachtung visueller Eindrücke führte hier zu Spekulationen über die göttliche Ordnung des Alls, eine Art des Sehens, die den gestirnten Himmel nicht mehr als von Koordinaten geordneten Mechanismus betrachtete, sondern als Gegenstand »unnennbaren Vergnügens«: »Hier lasse ich un-

gestört meiner Einbildungskraft, meinen süßen Hoffnungen und Ahnungen freyen Lauf, und die feyerliche Stille der Nacht erhöht und schärft meine Vorstellungen.«⁵⁴

Natürlich haben sowohl Bode als auch Herschel mit dem Mikrometer gearbeitet, und beide beherrschten die Methoden der Positionsastronomie. Dennoch erlangte das Fernrohr bei ihnen noch eine weitere Funktion, die im Beobachtungssystem des Pariser Observatoriums nicht zu finden ist: Da für Bailly das Visuelle keinen eigenständigen Bereich der Wahrnehmung ausmachte und nur insoweit interessant war, als es die Aufschreibung von Ziffern ermöglichte, existierte für ihn das Fernrohr als isoliertes Objekt nicht. Im Gegensatz dazu konstituierten Herschel und seine Nachfolger das Visuelle als autonomen und privilegierten Bereich der Erkenntnis und verliehen damit dem Fernrohr eine neue Bedeutung. Herschels großes 40-Fuß-Teleskop, das nie richtig funktionierte, wurde 1820 als Emblem der *Royal Astronomical Society* glorifiziert.⁵⁵

Die Untersuchung der astronomischen Praxis im Frankreich des ausgehenden 18. Jahrhunderts hat somit gezeigt, wie schwierig es ist, in einer bestimmten historischen Konstellation eindeutig zu bestimmen, welche Objekte jeweils die Funktion von Medien einnehmen. Vor allem aber erweist sich, dass eine Historische Medienwissenschaft ihren Gegenstand stets von neuem konstituieren muss. Medien-, Technik-, Institutionen- und Instrumentengeschichten folgen daher einem permanenten Modus der Rekurrenz, um Reduktionen zu vermeiden und möglichst viele verschiedene Aspekte erfassen zu können. Wie zu den Sternen, so führt auch zu den Medien nur ein komplexes Gefüge von interdependenten Analyseachsen.

Anmerkungen

¹ Vgl. Joseph Vogl, Medien-Werden. Galileis Fernrohr, in: Archiv für Mediengeschichte 1, Weimar 2001, 115-123.

² Vgl. Hans-Jörg Rheinberger, Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas, Göttingen 2001, 32, 66 f., 113, 150.

³ Vgl. dazu etwa Bruno Latour, Zirkulierende Referenz. Bodenstichproben aus dem Urwald am Amazonas, in: ders., Die Hoffnung der Pandora, Frankfurt am Main 2000, 36-95.

⁴ Dabei beziehe ich mich eher auf den Begriff des Habitus, wie er von Panofsky und Brian verwendet wird, um mentale Werkzeuge zu bezeichnen, die materielle Spuren hinterlassen, als auf Bourdieus Prinzip sozialen Handelns. Vgl. Erwin Panofsky, Gotische Architektur und Scholastik, Köln 1989 sowie Eric Brian, Staatsvermessungen. Condorcet, Laplace Turgot und das Denken der Verwaltung, Wien 2001. Für einen Versuch, den Begriff des Habitus zum Verständnis von Praktiken heutiger Astronomen einzusetzen, vgl. auch Luc Gauthier, Les habitus perceptuels des astronomes et leur rôle dans la production de la connaissance scientifique, in: Social Science Information 31 (1992), 419-443.

⁵ M. E. W. Williams, Was there such a thing as stellar astronomy in the eighteenth century?, in: History of Science 21 (1983), 369-385. Allgemein dazu Georges Canguilhem, Der Gegenstand der Wissenschaftsgeschichte, in: ders., Wissenschaftsgeschichte und Epistemologie, Frankfurt am Main 1979, 22-37.

⁶ Bailly studierte bei Lacaille und Clairaut, galt aber als wissenschaftliches Leichtgewicht. Er

- machte dennoch Karriere in den gelehrten Akademien der Pariser Gesellschaft und stand verschiedenen aufklärerischen Kommissionen vor, unter anderem jener, welche die Aktivitäten Mesmers als Scharlatanerie entlarvte. Seine Laufbahn und sein Leben beendete er nach der Revolution als erster gewählter Bürgermeister von Paris. Zur Biographie vgl. Charles C. Gillispie, *Science and polity in France at the end of the old regime*, Princeton 1980, 101-104.
- ⁷ Jean-Sylvain Bailly, *Essai sur la Théorie des Satellites de Jupiter, suivi des Tables de leurs Mouvements, déduits du Principe de la Gravitation Universelle. (...) Avec Les Tables de Jupiter*, par M. Jeurat, Paris 1766, xi. Zur allgemeinen Exposition des Programms der Astronomie auch Jean-Sylvain Bailly, *Histoire de l'astronomie ancienne, depuis son origine*, Paris 1781, iii-xi.
- ⁸ »Cete science, née dans les champs & parmi les Bergers (...)«, ebd., iii. Auch Jérôme Lalande, *Astronomie*, Paris 1771, iii; Jérôme Lalande, *Abrégé d'astronomie*, Paris 1795, iii.
- ⁹ Ebd., vi. Für die Architektur inszenierte Laugier das gleiche mythische Zusammentreffen von Geschichte und identitätsstiftender Methode mit seiner »Urhütte«. Vgl. Marc-Antoine Laugier, *Das Manifest des Klassizismus*, Zürich u. München 1989, 31-37.
- ¹⁰ Lalande, *Abrégé*, wie Anm. 8, vi.
- ¹¹ Vgl. etwa Lalande, *Astronomie*, wie Anm. 8, 1-97; ders., *Abrégé*, wie Anm. 8, 1-104; Jean-Sylvain Bailly, *Histoire de l'astronomie moderne*, Paris 1785, tom. II, 289 f.
- ¹² »(...) astronomers in the eighteenth century were interested not in the stars but in the solar system.« Williams, *Was there such a thing*, wie Anm. 5, 376. Dort wird auch gezeigt, dass die Verzeichnisse von Nebeln im 18. Jahrhundert nur *marker* zur Verfügung stellen sollten, um sich leichter zu orientieren und um Verwechslungen mit Kometen zu vermeiden. Zur Ausnahme Herschel s. u.
- ¹³ Abraham Wolf, *A history of Science, Technology and Philosophy in the 16th, 17th and 18th centuries*, Bristol 1999, vol. I, 165-187; vol. II, 96-120; Thomas Hankins, *Science and the Enlightenment*, Cambridge 1985, 43; Jürgen Hamel, *Geschichte der Astronomie*. Basel u. a. 1998, 179 ff.; zur Rezeption Netwos unter einem anderen Blickwinkel auch Leonhard Schmeiser, *Um Newton*. Zur Rekonstruktion eines diskursiven Ereignisses, Wien 1999, 7-42.
- ¹⁴ Lalande, *Astronomie*, wie Anm. 8, 1. Ähnlich Bailly, *Histoire* wie Anm. 7, iv: »L'object de cette science est donc de faire le dénombrement des astres, de distinguer ceux qui sont fixes de ceux qui sont errans; de marquer dans le ciel la place dont les uns ne s'écartent point, & de tracer la route des autres, en marquant les limites & les moindres irrégularités de leur cours; de connoître les phénomènes qui résultent de la combinaison de ces différens mouvemens«; Cassini, *Éléments d'astronomie*, Paris 1740, iii: »L'astronomie est une science qui a pour object la contemplation de tous les Astres ou Corps Célestes. Elle enseigne à déterminer leur situation dans le Ciel, leur mouvement, leur grandeur & leur distance«; Jean Le Rond d'Alembert, Einleitung zur Enzyklopädie, Frankfurt am Main 1989, 24: »Diese Wissenschaft verbindet Beobachtung mit Berechnung, läßt beide sich gegenseitig erhellen und bestimmt mit bewundernswürdiger Genauigkeit die Abstände und die verwickelsten Bewegungen der Himmelskörper«.
- ¹⁵ Cousin, *Introduction à l'étude de l'astronomie physique*, Paris 1787, ix. Zur Voraussetzung der Geometriekenntnisse Cassini, *Éléments d'astronomie*, Paris 1740, xii: »Comme l'Astronomie consiste principalement à mesurer le mouvement des Astres & leurs distances entr'eux, on a supposé que ceux qui veulent s'en instruire, ont quelques conaissance de la Géométrie ordinaire (...)«
- ¹⁶ Cousin, *Introduction*, xiii, wie Anm. 15.
- ¹⁷ Bailly, *Essai*, wie Anm. 7, v-vii.
- ¹⁸ Bailly, *Histoire*, wie Anm. 11, 249.
- ¹⁹ Ebd., 278.
- ²⁰ Zur Geschichte vgl. C. Wolf, *Histoire de l'observatoire de Paris*, Paris 1902 sowie Charles C. Gillispie, *Science and polity in France at the end of the old regime*, Princeton 1980, 99-130. Einen allgemeinen Überblick zur emblematischen Funktion von Sternwarten und Astronomie

- gibt Johann-Christian Klamt, Sternwarte und Museum im Zeitalter der Aufklärung. Der Mathematische Turm zu Kremsmünster (1749-1758), Mainz und Rhein 1999, 221-282.
- ²¹ Zur Geschichte des Observatoriums von Greenwich vgl. Eric G. Forbes, *The Royal Observatory at Greenwich and Herstmonceux, 1675-1975*. Vol. 1. *Origins and early history (1675-1835)*, London 1975.
- ²² Jean Bernoulli, *Lettres astronomiques où l'on donne une idée de l'état actuel de l'astronomie pratique dans plusieurs villes de l'Europe*, Berlin 1771, 134 ff.
- ²³ Memorandum vom 13. Mai 1784, zit. nach Wolf, *Histoire*, wie Anm. 20, 255.
- ²⁴ Bailly, *Histoire*, wie Anm. 7, v. Ironischerweise war gerade Bailly die längste Zeit ein Gegner der Einsetzung von Schülern, wie sie Cassini forderte – vor allem deshalb, weil dann die *Académie* an Einfluss über die Organisation des Observatoriums verloren hätte. Wolf, *Histoire*, wie Anm. 20, 257 f. Im Übrigen musste natürlich auch der Beobachter gelegentlich rechnen, um die Daten zu »reduzieren«, d. h. von Fehlern zu reinigen. Das erforderte aber bloß die Anwendung feststehender Formeln, wohingegen die Berechnung von Bahnen oder deren Störungen den Einsatz komplizierter Werkzeuge der Analyse nötig machte. Für frühe Beispiele von Reduktionen vgl. Klaus-Dieter Herbst, Hg., *Astronomie um 1700*. Kommentierte Edition des Briefes von Gottfried Kirch an Olaus Römer vom 25. Oktober 1703, Thun u. Frankfurt am Main 1999. Zur Analyse vgl. Curtis Wilson, *The problem of perturbation analytically treated: Euler, Clairaut, d'Alembert*, in: Michael Hoskin, Hg., *The General History of Astronomy*, vol. 2B, 89-107.
- ²⁵ Memorandum von 1792, zit. nach Wolf, *Histoire*, wie Anm. 20, 342. Diese Verteidigung war notwendig geworden, weil im Laufe der Revolution Kritik an der hierarchischen Ordnung aufgekommen war. Siehe Seymour L. Chapin, *The vicissitudes of a scientific institution. A decade of change at the Paris Observatory*, in: *Journal for the History of Astronomy*, 21 (1990), 235-274.
- ²⁶ Bailly, *Histoire*, wie Anm. 7, vii; xxi; Bailly, *Histoire*, wie Anm. 11, 250. Die Rolle der Akademien als »Konservatorien« beschäftigte etwa auch Condorcet. Vgl. Eric Brian, *Staatsvermessungen. Condorcet, Laplace, Turgot und das Denken der Verwaltung*, Wien 2001, 187.
- ²⁷ Pierre Charles Le Monnier, *Projet d'une Histoire Céleste qui doit comprendre toutes les Observations Astronomiques faites en France depuis 1666*, in: ders., *Histoire Celeste, ou recueil de toutes les observations astronomiques faites par ordre du roy; avec un discours préliminaire sur le progrès de l'astronomie, où l'on compare les plus récentes Observations à celles qui ont été faites immédiatement après la fondation de l'Observatoire Royal, Paris 1741*.
- ²⁸ Brian Winston, *Media, Technology, and Society*, London und New York 1998.
- ²⁹ Bailly, *Histoire*, wie Anm. 11, 253.
- ³⁰ Ebd., 272; vgl. auch ebd., 271: »D'un seul pas, la pratique, qui tient à l'exercice de nos sens, qui est appuyée sur des instrumens matériels, avoit presque atteint l'exactitude mathématique«.
- ³¹ Vgl. Horst Bredekamp, *Gazing Hands and Blind Spots. Galileo as Draftsman*, in: *Science in Context* 13 (2000), 423-462.
- ³² »When, within the range of media available to them, Hevelius and others chose to make the visual component central in communicating their observations, astronomy became a visual science«, Mary G. Winkler u. Albert van Helden, *Representing the Heavens. Galileo and Visual Astronomy*, in: *Isis* 83 (1992), 195-217; Albert van Helden, *Telescopes and Authority from Galileo to Cassini*, in: *Osiris* 9 (1993), 7-29.
- ³³ Svetlana Alpers, *Kunst als Beschreibung. Holländische Malerei des 17. Jahrhunderts*, Köln 1985. Die detaillierte Beschreibung der handwerklichen Prozesse, die zu den gedruckten Abbildungen der *Selenographia* führten, sollte bei Hevelius den Status der Bilder als genaue Repräsentationen des Gesehenen versichern. Vgl. Mary G. Winkler u. Albert van Helden, *Johannes Hevelius and the visual language of astronomy*, in: J.V. Field u. Frank A.J.L. James, Hg., *Renaissance and Revolution*, Cambridge 1993, 102-111.

- ³⁴ Die Gründe dafür sind nicht klar. Möglicherweise war das Fernrohr für Hevelius nur das Instrument einer *historia naturalis*, deren epistemologische Ansprüche von denen der Positions-astronomie verschieden waren. Anhaltspunkte für eine andere, eher auf soziale Faktoren ausge-richtete Erklärung liefert Steven Shapin, *A social history of truth. Civility and society in seven-teenth-century England*, Chicago 1994, 266-291.
- ³⁵ Bailly, *Histoire*, wie Anm. 11, 276.
- ³⁶ Lalande, *Astronomie*, wie Anm. 8, 192 ff., 204. Kopernikus bekommt drei Seiten, Kepler zwei, Hevelius zweieinhalb.
- ³⁷ Lalande, *Abrégé*, wie Anm. 8, 104; ebenso La Caille, *Leçons élémentaires d'astronomie géométrique et physique*, Paris 1761, 42; Darquier, *Briefe über die practische Astronomie*, Bres-lau 1791, 7.
- ³⁸ Zur Präzision der Kreisinstrumente und zur Korrektur der Beobachtungsfehler vgl. Bailly, *Hi-stoire*, wie Anm. 11, 298-302; eine abschätzige Darstellung der Versuche, die Vergrößerung der Fernrohre zu verbessern, ebd., 256-258.
- ³⁹ Ebd., 280.
- ⁴⁰ Als astronomisches Präzisionsinstrument bekannt gemacht wurde das Mikrometer durch einen Brief, den Adrian Auzout 1666 an Henry Oldenburg geschickt hatte und der im folgenden Jahr in den *Philosophical Transactions* veröffentlicht wurde. Die Erfindung wurde bereits um 1639 von William Gascoigne in England gemacht, dessen Entwurf aber wegen des vorzeitigen Todes des Autors bei der Schlacht von Marston Moor vorerst kaum Bekanntheit erlangte. Vgl. zur technischen Geschichte Randall C. Brooks, *The Development of Micrometers in the seven-teenth, eighteenth and nineteenth centuries*, in: *Journal for the History of Astronomy* 22 (1991), 127-173.
- ⁴¹ Vgl. dazu Darquier, *Briefe*, wie Anm. 37, 22.
- ⁴² »Le micrometre sert à mesurer les diamètres apparens des petits objets qui peuvent être vus tout entiers dans le champ de la lunette«, J. B. Biot, *Traité élémentaire d'astronomie physique*. Destiné à l'enseignement dans les Lycées nationaux et les Ecoles secondaires, Paris 1805, 95. Vgl. auch Bailly, *Histoire*, wie Anm. 11, 268, zur Konstruktion Malvasias: »tout le champ de la lunette étoit partagé en parties connues«; Lalande, *Abrégé*, wie Anm. 8, 193; das Mikrometer besteht aus mehreren Fäden »pour mesurer par leur intervalle la grandeur de l'image qu'on y [au foyer d'une lunette, T.B.] aperçoit«.
- ⁴³ Lalande, *Astronomie*, wie Anm. 8, 207; Bailly, *Histoire*, wie Anm. 11, 275; »Laufer« bei Dar-quier, *Briefe*, wie Anm. 37, 21.
- ⁴⁴ Ebd., 14.
- ⁴⁵ Ebd.; vgl. auch die Hinweise zur Beobachtung einer Sonnenfinsternis, 110 f.: »(...) überheben Sie sich der Mühe, das beräucherte Glas in der Hand zu halten, dadurch, daß Sie es in die Einfas-sung des Oculars befestigen; nehmen Sie insonderheit eine so bequeme Stellung an, als Sie nur können: es schadet der Genauigkeit der Beobachtungen nichts so sehr, als wenn man eine unbe-queme Stellung hat.«
- ⁴⁶ Bailly, *Histoire*, wie Anm. 11, 268 f.
- ⁴⁷ J. B. Biot, *Traité élémentaire d'astronomie physique*. Destiné à l'enseignement dans les Lycées nationaux et les Ecoles secondaires, Paris 1805, 95 f.; Nevil Maskelyne, *Direction for using the common Micrometer*, taken from a paper in the late Dr. Bradley's Hand-Writing, in: *Philoso-phical Transactions of the Royal Society* 62 (1772), 46-53. Die Umrechnung der Zeit in Win-kelmaße hängt natürlich von der Stärke des jeweiligen Teleskops ab.
- ⁴⁸ Darquier, *Briefe*, wie Anm. 37, 111. Darquier spricht hier vom Beginn einer Eklipse, das Pro-blem bleibt jedoch dasselbe.
- ⁴⁹ Ludwik Fleck, *Schauen, sehen, wissen*, in: Ludwik Fleck, *Erfahrung und Tatsache*, Frankfurt am Main 1983, 161. Fleck geht hier von einer gestaltpsychologischen Erklärung der Vorausset-

zungen des Sehens aus, untersucht dann jedoch die Bedingungen der Beobachtung noch vor der Konstitution eines Feldes der Sichtbarkeit.

- ⁵⁰ Simon Schaffer, *Astronomers mark time. Discipline and the personal equation*, in: *Science in Context* 2 (1988), 115-145.
- ⁵¹ Zitiert nach Simon Schaffer, *Herschel in Bedlam. Natural history and stellar astronomy*, in: *British Journal for the History of Science* 13 (1980), 216.
- ⁵² Simon Schaffer, *The Leviathan of Parsonstown. Literary Technology and Scientific Representation*, in: Timothy Lenoir, Hg., *Inscribing Science*, Stanford 1998, 182-222.
- ⁵³ Schröter glaubte Anzeichen für Leben nicht nur auf dem Mond, sondern sogar auf entfernten Monden und Kometen entdeckt zu haben. Johann Hieronymus Schröter, *Selenotopographische Fragmente zur genauern Kenntniss der Mondflöche*, Lilienthal 1791. Die These von der Wohnbarkeit der Sonne hatte bereits Herschel vertreten.
- ⁵⁴ Johann Elert Bode, *Allgemeine Betrachtungen über das Weltgebäude*, Berlin 1807, 171. Bode war durchaus ein seriöser Astronom und arbeitete an der Erstellung einer großen Himmelskarte, d. h. er praktizierte auch die oben beschriebene Methode der Beobachtung.
- ⁵⁵ J. A. Bennett, *A viol of water or a wedge of glass*, in: Gooding u. a., Hg., *The uses of experiment*, Cambridge 1989, 109-111. Diese überragende Bedeutung wurde dem Teleskop wenig später durch die Einführung des Spektrographen in die Astronomie neuerlich strittig gemacht.