

aus: F. W. Bessel

Populäre Vorlesungen
über wissensch. Gegenstände
Hamburg 1848

Messung der Entfernung des 61. Sterns im Sternbilde des Schwans.

Unter den Aufgaben, welche eine fortschreitende Wissenschaft herbeiführt, findet sich vielleicht in jedem Jahrhunderte eine, welche grossen Einfluss auf die Entwicklung der Wissenschaft erhält und hierdurch weit wichtiger wird, als durch ihre Auflösung selbst. Eine solche Aufgabe ist nichts anderes, als die bestimmte Bezeichnung eines zu erreichenden Zieles, ausgesprochen nach der Erlangung der Einsicht in die Möglichkeit es zu erreichen. Sie wird nicht von Einem gegeben und nicht von Einem aufgelöst, sondern Beides entwickelt sich aus dem Gange der Wissenschaft, welchen die Anstrengungen Vieler bis zu der Aufgabe befördert haben und bis zu ihrer Auflösung befördern. Dieses ist der Fall der Aufgabe von der Bestimmung der Entfernung eines Fixsterns: ich halte ihre endliche Auflösung, von welcher ich meinen Zuhörern berichten will, für fast unbedeutend, vergleichungsweise mit den weitgreifenden Kenntnissen, welche das Suchen derselben der Wissen-

Bessel

schaft hinzugesetzt hat. Ich handele in dieser Ansicht, indem ich meine jetzige Mittheilung dem Versuche widme, die Aufgabe von ihrer Entstehung bis zu ihrer Auflösung zu verfolgen.

Als Copernicus, durch die Verfolgung der einfachen Bemerkung, dass die sichtbare Bewegung eines Punktes, ebensowohl durch die Ortsveränderung des Gesichtspunktes, als durch seine eigene, erzeugt werden kann, zu dem grossartigen Resultate gelangte, dass nicht nur die Planeten, sondern auch die Erde sich um die Sonne bewegen, da konnte nicht mehr bezweifelt werden, dass alle, von der Erde gesehenen Gegenstände, die an ihrer eigenen Bewegung nicht Antheil nehmen, Bewegungen an der Himmelskugel zeigen müssen, selbst wenn sie an sich unbeweglich sind. Denn da die Erde, während eines Jahres, durch alle Punkte ihrer Bahn läuft, so müssen alle, während dieser Zeit, von ihr nach einem nicht mit ihr bewegten Punkte gelegten Gesichtslinien, sich in diesem durchschneiden, also nach und nach verschiedene Richtungen annehmen; oder, mit anderen Worten, der Punkt muss seine Richtungen stetig verändern und, während des Jahres, eine Bahn an der Himmelskugel zu durchlaufen scheinen. Auch die Fixsterne müssen also diese scheinbaren Bewegungen zeigen und dadurch ihre gegenseitigen Stellungen verändern; sie müssen sie desto grösser zeigen, je näher, desto kleiner, je weiter sie sind; und aus der Grösse, in welcher sie sie zeigen, muss sich ihre Entfernung erkennen lassen.

Dieser offenbar richtigen Folgerung aus der copernicanischen Lehre wird aber durch eine ältere Lehre widersprochen, welche behauptet, dass die Fixsterne ihre gegenseitigen Stellungen nicht ändern. Als Copernicus mit seinem Weltsysteme hervortrat, traten auch Widersprüche dagegen hervor, und unter diesen zeichnete sich der eben angeführte, sowohl durch sein Gewicht, als durch die Folgen, welche er hatte, aus. Wirklich waren die Feinde der neuen Lehre vollkommen berechtigt, von den Freunden derselben zu fordern, dass sie die Bewegungen nachwiesen, welche die Fixsterne, in Folge dieser Lehre, nothwendig haben müssen. Auch konnten die Copernicaner sich nicht anders schützen, als durch die Annahme, die Entfernungen der Fixsterne seien so gross, dass selbst die grosse Ortsveränderung, welche die Erde in einem halben Jahre erfährt, nur so kleine Veränderungen ihrer Richtungen hervorbringe, dass sie schwer zu erkennen seien und sich bis zum Unkenntlichwerden mit den Unvollkommenheiten der Beobachtungen vermischen. Obgleich die Beobachtungen der Astronomen der damaligen Zeit noch sehr roh waren und über mehrere Minuten nicht entscheiden konnten, so muss man doch die Annahme einer so grossen Entfernung, dass sie die scheinbaren Bewegungen nicht über diese Grenze hinaus ausdehnte, eine kühne nennen, zu einer Zeit, in welcher das Mikroskop und das Fernrohr noch nicht an die Anwendung der Wahrheit gewöhnt hatten, dass klein und gross nur beziehungsweise eine Bedeutung haben. Indessen waren

zu starke Gründe für das copernicanische System vorhanden, als dass sein grosser Urheber vor der Kühnheit einer Annahme hätte erschrecken dürfen, gegen deren mathematische Möglichkeit kein Zweifel obwaltete: er, der gewagt hatte, eine von den Vorstellungen seiner Zeit gänzlich verschiedene Weltordnung zu begreifen, hatte kein Bedenken, die Entfernungen der Fixsterne für so gross anzunehmen, dass, von ihnen gesehen, der von der Erde um die Sonne durchlaufene Raum „aus den Augen verschwinde,“ so gross er auch erscheinen mag, wenn er mit einem irdischen Masse gemessen wird.

Wenn die Beobachtungen, welche Copernicus über die Richtungen der Gestirne anstellen konnte, auch noch nicht scharf genug waren, um scheinbare Bewegungen an den Fixsternen zu verrathen, so war doch eine Schärfe derselben denkbar, welche diese, im Falle der Wahrheit seiner Lehre unfehlbar vorhandenen Bewegungen, an den Tag legen musste. Mit dem neuen Weltsysteme zugleich trat also die Aufgabe hervor, die Schärfe der astronomischen Beobachtungen so zu vermehren, dass sie die Bewegungen der Fixsterne nicht mehr verbergen, sondern ihre Grösse angeben und dadurch die Entfernungen dieser Sterne selbst bestimmen sollten. Wie gross die hierzu erforderliche Vermehrung der Genauigkeit der Beobachtungen sein musste, konnte man aber noch nicht ahnden; und wenn man sich schon in jener frühen Zeit bemühte, sie wirklich zu erlangen, so gründeten diese Versuche sich auf die Hoffnung, schon durch

die am nächsten liegenden Verbesserungen des vorhandenen Zustandes der Beobachtungskunst das Erreichen zu können, was erst durch viel weiter entfernte, welche drei Jahrhunderte, durch angestrenzte Bemühungen und die Erfindung nicht geahdeter Hilfsmittel lieferten, nicht in allen Fällen, sondern bis jetzt nur in einem einzigen Falle, erreicht worden ist. Derselben Anstrengungen, welche für die Erfindung der Entfernung eines Fixsterns so lange Zeit erfolglos geblieben sind, sind aber die Quellen geworden, aus welchen die Astronomie ihre grössten Erfolge geschöpft hat; Erfolge, deren vorangehende Erlangung die Bedingung war, nicht allein der endlichen Erkenntniss der Entfernung eines Fixsterns, sondern auch des Steigens der Wissenschaft bis zu der Stufe, auf welcher sie sich jetzt befindet.

Die Geschichte jeder astronomischen Erkenntniss, welche nur durch genauere Beobachtungen erlangt werden konnte, fängt nie vor, gewöhnlich mit Tycho de Brahe an, welcher nicht nur das wissenschaftliche Gewicht der Genauigkeit der Beobachtungen zuerst gehörig erkannte, sondern sie auch bis zu einem Grade zu vermehren wusste, gegen den der früher erreichte beträchtlich zurückbleibt. Er versah seine Uranienburg auf der Insel Hveen mit einem Reichthume von Instrumenten, deren Einrichtung und Ausführung ihm erlaubten, seinen Beobachtungen die Sicherheit einer Minute zu geben. Diese, bis dahin unerhörte Sicherheit machte bekanntlich die Entdeckungen über die Bewegungen im Sonnensysteme möglich, welche

Kepler's Namen verherrlichen; aber aus den Tycho-nischen Beobachtungen des Polarsterns ergab sich, trotz der erlangten Vermehrung ihrer Sicherheit, noch kein Einfluss der Ortsveränderungen der Erde auf die Richtungen dieses Sterns, und Kepler folgerte daraus, dass dieser nicht eine Minute übersteige.

Ehe ich weiter gehe, sei es mir erlaubt, die Art näher zu erläutern, in welcher der Einfluss der Ortsveränderungen der Erde sich in den Richtungen der Fixsterne zeigt. Eine gerade, zwei Punkte miteinander verbindende Linie, hat offenbar die einander gerade entgegengesetzten Richtungen, jenachdem sie von dem einen oder dem andern dieser Punkte ausgehend angenommen wird, oder, was dasselbe ist, sie trifft die Himmelskugel an zwei Punkten, welche einander diametral entgegengesetzt sind. Der Fixstern erscheint also, von der Erde aus, an einem Punkte der Himmelskugel, welcher dem Punkte diametral entgegengesetzt ist, wo die Erde, von dem Fixsterne aus, erscheint: während die Erde jährlich ihre Bahn durchläuft, beschreibt also der Fixstern eine scheinbare Bahn an der Himmelskugel, welche der Bahn der Erde, so wie sie von dem Sterne gesehen wird, sowohl der Figur, als der Grösse nach, vollkommen gleich ist, und keinen weitem Unterschied von ihr hat, als den in ihrer Lage in dem entgegengesetzten Theile der Himmelskugel bestehenden. Die Bahn der Erde wird aber, von dem Sterne aus, in derselben Figur gesehen, in welcher ein schief gesehener Kreis erscheint, in der Figur einer Ellipse, und zwar in

einer desto weniger geöffneten, je kleiner der Winkel ist, in welchem die von dem Sterne nach der Sonne gelegte gerade Linie die Ebene der Erdbahn durchschneidet. Verschwindet dieser Winkel ganz, oder befindet sich der Stern in der erweiterten Ebene der Erdbahn selbst, so verschwindet auch die Oeffnung der Ellipse, oder diese zieht sich in eine gerade Linie zusammen; mit dem grösser werdenden Winkel wird auch ihre Oeffnung grösser, und wenn er ein rechter Winkel ist, oder der Stern senkrecht über der Sonne steht, erscheint auch die Erdbahn, von dem Sterne gesehen, in ihrer wahren, nicht durch die Perspektive veränderten Figur, welche bekanntlich eine kaum von einem Kreise zu unterscheidende Ellipse ist. Die Grösse, in welcher die Erdbahn von dem Sterne gesehen wird, hängt dagegen nicht von der Neigung der Gesichtslinie gegen ihre Ebene, sondern allein von der Entfernung des Sterns ab; beträgt diese 57 Halbmesser der Erdbahn, so wird der Halbmesser derselben unter einem Winkel von einem Grade, d. h. an der Himmelskugel in dieser Grösse, gesehen; beträgt sie 3438 Halbmesser, so erscheint ihr Halbmesser eine Minute gross; beträgt sie 206265 Halbmesser, so kommt seine scheinbare Grösse auf eine Secunde herab; — sie verkleinert sich allgemein in demselben Verhältnisse, in welchem die Entfernung sich vergrössert. — Der anfänglichen Bemerkung zufolge, dass die Figur und Grösse der scheinbaren Bahn des Fixsterns an der Himmelskugel, von der Figur und Grösse nicht verschieden sind, in welchen

die Erdbahn, von dem Sterne aus erscheint, kann das, was ich eben über die letztere gesagt habe, geradezu als sich auf die erstere beziehend betrachtet werden: die Neigung der von der Sonne nach einem Fixstern gelegten geraden Linie gegen die Ebene der Erdbahn, bestimmt die Figur seiner scheinbaren Bewegung an der Himmelskugel; die Länge dieser Linie, oder seine Entfernung von der Sonne, bestimmt ihre Grösse. Wenn die Neigung und Entfernung beide gegeben sind, so ist damit die scheinbare Bewegung des Sterns vollständig bekannt; hat man diese dagegen, durch Beobachtungen der Oerter des Sterns an der Himmelskugel, kennen gelernt, so kann man, umgekehrt, von ihrer Grösse auf die Entfernung schliessen. Wenn z. B. diese Beobachtungen zeigen, dass der grösste Durchmesser der scheinbaren Bahn des Sterns an der Himmelskugel zwei Minuten, oder ihr grösster Halbmesser eine Minute ist, so folgt daraus, dass seine Entfernung 3438 Halbmesser der Erdbahn beträgt.

Ich hoffe, durch diese Erläuterung des Herganges der scheinbaren Bewegung eines Fixsterns an der Himmelskugel anschaulich gemacht zu haben, wie astronomische Beobachtungen, dadurch dass sie ihre Grösse bestimmen, zur Kenntniss seiner Entfernung führen. Das gebräuchliche Kunstwort Parallaxe bezeichnet die Veränderung des Ortes eines Gegenstandes an der Himmelskugel, welche daraus entsteht, dass der Punkt, von welchem er gesehen wird, eine Bewegung erfährt; ich werde das griechische Wort,

statt des deutschen, im Folgenden anwenden, weil seine angenommene bestimmte Bedeutung sich der Nothwendigkeit überheben wird, jedesmal zu sagen, von welcher Art der Veränderung die Rede ist. Unter Parallaxe eines Fixsterns wird die Entfernung seines, von der Erde gesehenen (scheinbaren) Ortes an der Himmelskugel, von dem von der Sonne gesehenen (wahren oder mittleren) Orte verstanden; durch die Benennung jährliche Parallaxe bezeichnet man die grösste Entfernung des scheinbaren Ortes von dem wahren, welche durch die jährliche Bewegung des ersteren hervorgebracht wird; sie zeigt sich, wenn der Stern sich in dem grössten Durchmesser seiner scheinbaren Bahn befindet, also zweimal im Laufe eines Jahres, zu zwei Zeiten, welche um sechs Monate von einander verschieden sind. Die grösste Veränderung, welche der Ort des Sterns, im Laufe des Jahres, durch die Parallaxe erfährt, ist also das Doppelte seiner jährlichen Parallaxe. Die Bestimmung seiner jährlichen Parallaxe durch die Beobachtungen ist das, was gefordert wird, wenn seine Entfernung bekannt werden soll.

Offenbar müssen die Beobachtungen, durch welche die jährliche Parallaxe eines Fixsterns bestimmt werden soll, desto genauer sein, je kleiner sie ist. Die rohen Beobachtungen zu Copernicus Zeit konnten, indem ihre Unsicherheit mehrere Minuten betrug, eine jährliche Parallaxe von einer Minute, oder weniger, nicht verrathen; sie konnten vielleicht hinreichen, das Nichtvorhandensein einer jährlichen Parallaxe der Fix-

sterne von drei Minuten, und dadurch zu zeigen, dass die Entfernungen dieser Sterne nicht kleiner sind als 1146 Halbmesser der Erdbahn; allein sie konnten von keiner Entfernung mehr Recheuschaft geben, welche über diese Grenze hinausreichte; und wenn die Fixsterne, dem Zeugnisse dieser Beobachtungen zufolge, unermesslich weit erscheinen, so ist darunter nur zu verstehen, dass sie weiter entfernt sind als 1146 Halbmesser der Erdbahn. Wenn man den Grad der Sicherheit der, oben schon erwähnten, Tychonischen Beobachtungen des Polarsterns so annehmen will, wie Kepler ihn zu schätzen scheint, oder, bestimmt ausgesprochen, so, dass sie eine Ortsveränderung des Sterns nicht verrathen konnten, wenn sie nicht über eine Minute betrug, dagegen aber sie verrathen mussten, wenn sie diese Grenze überschritt, so folgt daraus, dass der Durchmesser der scheinbaren Bahn dieses Sterns nicht grösser als eine Minute, und seine jährliche Parallaxe nicht grösser als eine halbe Minute, oder 30 Secunden, der Stern also nicht näher ist als 6875 Halbmesser der Erdbahn. Diese Annahme der Genauigkeit der Beobachtungen (deren Richtigkeit ich übrigens nicht vertreten will) rückt die äussere Grenze des Messbaren, oder die innere des Unermesslichen, schon beträchtlich weiter hinaus; mit jeder Vermehrung derselben entfernt sie sich noch weiter, und wenn vollkommen genaue Beobachtungen gemacht werden könnten (was jedoch nie der Fall sein kann) so würde auch die grösste Entfernung eines Fixsterns nicht mehr unermesslich

bleiben. — Indem der Grad der Genauigkeit der astronomischen Beobachtungen, in der Aufgabe von der Bestimmung der Entfernungen der Fixsterne, eine so wesentliche Rolle hat, wie aus dem eben gesagten hervorgeht, so glaube ich, dass ein Versuch, ihn an einem irdischen Beispiele anschaulich zu machen, den Zuhörern nicht unangenehm sein wird. Ich denke mir einen 24000 Fuss (eine Meile) entfernten Gegenstand und werde die Länge einer Linie aufsuchen, zwischen deren beiden Endpunkten das Auge sich bewegen können, damit, bei einer gegebenen Schärfe der Beobachtung der Richtungen des Gegenstandes, seine Entfernung nicht unermesslich erscheine. Offenbar giebt die Richtung von Einem Punkte nach dem Gegenstande gar kein Urtheil über seine Entfernung; es kann erst durch den Durchschnittspunkt zweier Richtungslinien, von zwei Punkten nach dem Gegenstande gelegt, erlangt werden. Damit aber die Richtung von dem einen Punkte nach dem Gegenstande, von der von dem andern ausgehenden unterschieden werden könne, ist eine desto grössere Entfernung des einen von dem andern erforderlich, je weniger genau das Instrument ist, womit man diese Richtungen an beiden Punkten beobachtet. Gewährt es die Sicherheit, welche ich oben den Tychonischen Beobachtungen zugeschrieben habe, nämlich zeigt es nicht eher einen Unterschied zweier Richtungen, als bis er eine Minute beträgt, so muss die Linie, an deren Endpunkten es angewandt wird, der 3438ste Theil der Entfernung des Gegenstandes sein, damit der Un-

terschied beider Richtungen durch die Beobachtungen bemerkbar werde; sie muss also 7 Fuss lang sein; und kürzer darf die Linie nicht sein, wenn von ihren Endpunkten aus, durch Beobachtungen von der angenommenen Genauigkeit, der eine Meile entfernte Gegenstand nicht unermesslich entfernt erscheinen soll. Haben die Beobachtungen eine sechsmal grössere Sicherheit, oder entscheiden sie über 10 Secunden eben so sicher, als die angenommenen über eine Minute, so hört die Meile schon auf unermesslich zu erscheinen, wenn das Auge sich nur durch den sechsten Theil der vorigen Entfernung, oder durch 14 Zoll, zu bewegen den Raum hat; haben sie die Sicherheit von einer Secunde, so ist nur ein Raum von $1\frac{2}{3}$ Zoll erforderlich. Die Messung der Entfernung eines Fixsterns, dessen jährliche Parallaxe resp. 30 Sec., 5 Sec., $\frac{1}{2}$ Secunde beträgt, der also resp. 6875, 41253, 412530 Halbmesser der Erdbahn entfernt ist, ist weder mehr noch weniger schwierig, als die Messung der Entfernung eines, eine Meile entfernten Gegenstandes, von einer Standlinie aus, deren Länge resp. 7 Fuss, 14 Zoll, $1\frac{2}{3}$ Zoll ist. Hat die jährliche Parallaxe eines Fixsterns z. B. die Grösse einer halben Secunde, oder ist er 412530 Halbmesser der Erdbahn entfernt, so kann man nicht eher erwarten, ihr Vorhandensein durch Beobachtungen zu entdecken, als bis es gelungen ist, diesen eine so grosse Schärfe zu geben, dass sie schon bei einer Ortsveränderung von $1\frac{2}{3}$ Zoll, eine Veränderung der Richtung nach einem eine Meile entfernten Gegenstande angeben.

Indem die Beobachtungen von Tycho de Brahe noch keine Parallaxe der Fixsterne verriethen, wurde klar, dass grösserer Erfolg ihrer Aufsuchung nur von weiterer Verfeinerung der Beobachtungen ausgehen konnte. Es ist in der Ordnung, dass ein so beträchtlicher Fortschritt, wie der von Tycho in dieser Beziehung gemachte, lange für die Erreichung des höchsten, zugänglichen Zieles gehalten wird; wenn er auf der Anwendung aller, zu seiner Zeit vorhandenen, dem Ziele nähernden Mittel beruhet, so kann wirklich nur eine weitere Annäherung an dasselbe erfolgen, nachdem diese Mittel durch neue Erfindung vermehrt worden sind. Augenscheinlich ist die Grenze der erreichbaren Genauigkeit einer Beobachtung, die Schärfe, mit welcher die dadurch zu bestimmende Richtung, durch das Auge aufgefasst werden kann; das Auge unterscheidet aber kaum kleinere Grössen, als die, bis auf welche Tychos Beobachtungen richtig sind, und hieraus geht hervor, dass ein Versuch, die Genauigkeit der Beobachtungen noch beträchtlich zu vermehren, fruchtlos geblieben sein würde, wenn nicht ein, die Kraft des Auges unterstützendes Hülfsmittel erfunden worden wäre. Das Fernrohr wurde zuerst (1667) von den französischen Astronomen Picard und Azout, an den astronomischen Messinstrumenten angebracht, und vermehrte die Schärfe der Auffassung einer Richtung so sehr, dass nun beträchtlich genauere Beobachtungen möglich erschienen. Durchgreifende Vervollkommnungen jener Instrumente, nicht allein in der Anbringung des Fernrohres bestehend,

erdachten sowohl Flamsteed als Römer. Der erstere wandte seine neuen Hülfsmittel, länger als 30 Jahre lang, bis zu seinem Tode (1719) auf der Sternwarte in Greenwich an, und erlangte dadurch eine Reihe von Beobachtungen, von welchen seine eigenen Untersuchungen zeigten, dass sie seinem Zwecke, der kein geringerer war, als die Vervollkommnung der ganzen Astronomie, entsprachen. Der letztere, nicht weniger als Flamsteed von Einsicht in die Wissenschaft und von Eifer für sie getrieben, beobachtete in Copenhagen; allein wir sind der Früchte seiner seltenen Talente und seines Fleisses durch eine Feuersbrunst beraubt worden, welche nur so viel davon übrig gelassen hat, dass es die Grösse des Verlustes in volles Licht setzen konnte. — So sehr erfolgreich die Beobachtungen Flamsteeds und seine darauf gegründeten Untersuchungen, für das Ganze der Astronomie gewesen sind, so kräftig die vielleicht sechsfache Vermehrung der Sicherheit der Tychonischen Beobachtungen, zur Kenntniss des Zustandes und der Bewegungen des Himmels beigetragen hat, so zeigten doch auch diese genaueren Beobachtungen noch keinen bestimmten Werth der jährlichen Parallaxe eines Fixsterns, sondern verkleinerten nur noch mehr die Grenze, welche sie nicht übersteigt.

Wenn man aus der über die Genauigkeit der Tychonischen Beobachtungen gemachten Annahme folgern muss, dass der Polarstern mehr als 6875 Halbmesser der Erdbahn entfernt ist, so muss man auch aus der Annahme der sechsmaligen Vermehrung ihrer

Sicherheit durch Flamsteed, verbunden mit der Angabe, dass auch seine Beobachtungen desselben Sterns keine jährliche Parallaxe verrathen, folgern, dass dieser Stern eine mehr als sechsmal so grosse, also 41250 Halbmesser der Erdbahn überschreitende Entfernung besitzt. Allein man darf der Angabe, worauf diese Folgerung beruhet, nicht unbedingtes Zutrauen schenken, indem Flamsteeds Beobachtungen wirkliche Veränderungen des Ortes des Sterns zeigten, welche er selbst für die gesuchten, parallactischen hielt, welche aber, durch eine spätere Untersuchung, als dem Gesetze nicht entsprechend erkannt wurden, nach welchem die Parallaxe sich im Laufe des Jahres verändern muss. Diese Veränderungen entstanden also nicht aus der Parallaxe; allein Flamsteeds Beobachtungen gaben sie noch nicht vollständig genug zu erkennen, und waren auch noch nicht so genau, dass sie von der Art ihres Herganges unzweideutige Rechenschaft hätte ablegen können. Ihre Erklärung erfolgte also noch nicht, und konnte noch nicht erfolgen; und daher mussten die Abweichungen der Beobachtungen untereinander, durch welche die unerklärten Veränderungen sich verriethen, nothwendig das Zutrauen schwächen, welches man den Resultaten derselben, ohne diese Abweichungen beizulegen geneigt gewesen sein würde. Auch Picard hatte ähnliche Unregelmässigkeiten in seinen eigenen Beobachtungen erkannt; und ähnliche, aus Römers Beobachtungen hervorgehende, veranlassten seinen Nachfolger Horrebow, sie irrtümlich für eine Paral-

laxe der Fixsterne, also für einen Beweis des Umlaufes der Erde um die Sonne anzusehen, und daher eine Schrift mit dem Titel Copernicus triumphans erscheinen zu lassen.

Dieser Zustand der Sache lässt kaum verkennen, dass noch eine unbekante Ursache vorhanden war, welche sich dem Streben der Astronomie nach Sicherheit ihrer Resultate widersetzte. Später ist sie wirklich erkannt worden, und ich werde nicht unterlassen, ihre Entdeckung, welche eine der schönsten und wichtigsten ist, die man in der Astronomie je gemacht hat, mit der Ausführlichkeit darzustellen, welche sie verdient. Vorher aber will ich aufmerksam darauf machen, dass die Aufgabe, die Entfernung eines Fixsterns zu bestimmen, eine andere stillschweigend einschliesst. Indem nämlich die Parallaxe eines Fixsterns nur durch Beobachtung der Veränderungen seines Ortes an der Himmelskugel erkannt werden kann, so muss vor ihrer Aufsuchung bekannt sein, welche Veränderungen dieser Ort, unabhängig von der Parallaxe, erfährt. Erleidet er noch aus einer andern Ursache unerkannte, und daher nicht durch Rechnung zu beseitigende Veränderungen, so vermischen sich diese mit der Parallaxe, und entstellen daher das, was die Beobachtungen rein ergeben sollten. Die vollständige Erkenntniss aller anderweitigen Aenderungen, welche sich in allen Oertern der Fixsterne zeigen können, ist also die Aufgabe, welche von der ausgesprochenen eingeschlossen wird. Ihre Auflösung wird Bedingung der Möglichkeit, die aus-

gesprochene aufzulösen. Sie berührt aber nicht diese allein, sondern alle astronomischen Kenntnisse, indem diese immer von der Voraussetzung der Kenntniss des Inbegriffes aller Ortsveränderungen der Fixsterne ausgehen; sie erlangt hierdurch die grösste Wichtigkeit für die ganze Astronomie, und wenn ich gezeigt habe, wie die aufeinanderfolgenden Verfeinerungen der Beobachtungskunst endlich so weit geführt hatten, dass das Vorhandensein noch unbekannter Veränderungen der Oerter der Fixsterne nicht mehr verborgen blieb, so geht daraus hervor, wie die Bemühungen, die ursprüngliche Aufgabe aufzulösen, nun eine andere hervortreten liessen, welche noch allgemeinere Wichtigkeit besitzt, als jene. Die Wissenschaft in ihren Kinderjahren ahndete nichts von diesen verborgenen Aenderungen der Oerter der Fixsterne; allein reiferes Alter hat in häufigen Fällen grössere Bedürfnisse der Astronomie hervorgebracht, so wie auch die Kräfte zu ihrer Befriedigung.

Ich bin nun zu der Zeit James Bradley's gelangt, des grössten Astronomen des vorigen Jahrhunderts, dessen Scharfsinn und vollständiger Einsicht in das Wesen der praktischen Astronomie, es gelungen ist, sie in einen Zustand zu versetzen, von welchem die Epoche angehet, in der wir (nach beseitigten Rückschritten) uns gegenwärtig befinden. Seine glänzende Laufbahn eröffnet sich mit derselben Aufgabe, deren Geschichte ich gegenwärtig darzustellen versuche. Ich muss aber wieder zurückgehen, bis zu einem sehr scharfsinnigen Manne in England, Robert

Hooke, welcher schon im Jahre 1669 Ideen verfolgte, die denen sehr ähnlich waren, welche Bradley später an ein nicht gehofftes Ziel führten. Hooke ging darauf aus, die lange gesuchte Parallaxe der Fixsterne durch das Mittel hervortreten zu lassen, welches die Hoffnung, sie zu entdecken, nur täuschen konnte, wenn seine Anwendung früher an die äusserste Grenze der erreichbaren Vollendung gelangte, als an die Parallaxe der Fixsterne: er ging darauf aus, die Schärfe der Beobachtungen so hoch als möglich zu treiben. — Ich werde versuchen, die Ideen, welche ihn leiteten, darzustellen.

Das Fernrohr fasst die Richtung nach einem Sterne desto genauer auf, je grösser und besser es ist; es leistet dieses dadurch, dass man das in ihm erscheinende Bild des Sterns an einen bestimmten Punkt in seinem Inneren, gewöhnlich den Durchschnittspunkt zweier sehr feinen Fäden bringt, welche so gestellt sind, dass man sie mit dem Sterne zugleich deutlich sieht. Allein mit dieser Auffassung der Richtung wird nicht eher etwas gewonnen, als bis ein Mittel ergriffen ist, die aufgefasste Richtung von jeder anderen zu unterscheiden. Das Fernrohr muss daher mit einem eingetheilten Kreise oder Kreisbogen in Verbindung gesetzt sein, welcher dieses Mittel gewährt, und wenn die Genauigkeit der Auffassung der Richtung, welche man durch das grosse Fernrohr erlangt, nicht nutzlos werden soll, so muss die Beobachtung derselben auf dem Kreisbogen eine Schärfe besitzen, welche hinter der Kraft des Fernrohrs nicht zurückbleibt, und welche

desto vollständiger zu erlangen ist, je grösser der Halbmesser des Kreisbogens gewählt wird. Endlich muss die durch das Zusammenwirken beider Mittel gesicherte Richtung nach dem Sterne nicht durch unbekannt bleibende Störungen entstellt werden. Solche Störungen waren aber in der astronomischen Strahlenbrechung vorhanden, deren Gesetz man zu der Zeit, von welcher ich rede, noch bei weitem nicht so genau kannte, als man es jetzt kennt; hierdurch wurde man gezwungen, die Beobachtungen auf die Nähe des Scheitelpunktes zu beschränken, wo die Veränderungen der Strahlenbrechung so klein sind, dass die darüber bestehende Unsicherheit nicht wesentlich in Betracht kam. — Diesen Forderungen suchte Hooke zu entsprechen. — Um eine ohungefähre Uebersicht über die von ihm getroffenen Einrichtungen zu erhalten, kann man sich ein 36 Fuss langes, gerade in die Höhe gerichtetes, und mit seinem oberen Ende in einer Oeffnung des Daches des Hauses befindliches Fernrohr vorstellen, welches an diesem Ende an einer horizontalen Axe aufgehängt war, um welche es kleine Bewegungen in der Richtung des Meridians machen, und dadurch von kleinen südlichen Entfernungen von dem Scheitelpunkte, zu kleinen nördlichen gebracht werden konnte. Hatte man dieses Fernrohr auf einen, durch den Meridian gehenden Stern gerichtet, so zeigte ein an der Axe befestigter, durch ein frei herabhängendes Gewicht gespannter Faden, auf einem am untern Ende des Fernrohrs befindlichen Gradbogen, die Neigung an, welche das Fernrohr gegen die

Lothlinie besass. Diese Einrichtung erscheint dermassen zweckmässig, dass man nicht zweifeln kann, dass Hooke damit schon sehr kleine Veränderungen der Richtung des Sterns, von einer Zeit des Jahres zu der anderen, musste beobachten können, weit kleiner, als irgend ein anderes astronomisches Instrument verrathen konnte. Allein dennoch verfehlten seine Beobachtungen ihren Zweck gänzlich: der Apparat war gut, und Hooke war scharfsinnig, aber er war kein Beobachter und kein Bradley, und so überliess er diesem die Ernte, die er hätte einsammeln können.

Die augenscheinliche Aussicht auf den gewünschten Erfolg, welche so zweckmässige Einrichtungen gewährten, bewog später einen englischen Edelmann, Molyneux, die von Hooke verlassene Bahn wieder zu betreten, und in seinem Hause in Kew (dem jetzigen königlichen Palaste) einen Apparat zu errichten, welcher dem Hookeschen im Wesentlichen gleich war, im Einzelnen aber der gegebenen kurzen Beschreibung mehr entsprach, als sie dem Hookeschen entspricht. Das Fernrohr, welches er anwandte, besass 24 Fuss Brennweite; die ganze Einrichtung wurde von dem berühmten Mechaniker Graham gemacht. Im November 1725 wurde sie fertig, und am 3. December machte Molyneux damit die erste Beobachtung des Sterns γ im Kopfe des Drachen, welcher unter den, dem Scheitelpunkte von Kew nahe vorbeigehenden Sternen, der hellste ist, und daher nicht nur für näher als andere, also als eine grössere jähr-

liche Parallaxe zeugend, angesehen wurde, sondern auch zu allen Jahreszeiten, auch wenn er am Tage durch den Meridian geht, beobachtet werden konnte. Die zu dem Anfange der Beobachtungen gewählte Zeit war die, wo der Stern sich in dem südlichsten Punkte der Bahn befinden musste, die er während der jährlichen Bewegung der Erde beschreiben sollte. Molyneux setzte seine Beobachtungen an einigen der folgenden Tage fort, um sich ihrer Richtigkeit völlig zu versichern, und verliess sie dann, um sie nach einem halben Jahre zu wiederholen, wo der Stern den nördlichsten Punkt seiner Bahn erreicht haben musste. Wenn er eine bemerkbare jährliche Parallaxe besass, so musste ihr doppelter Werth sich durch diese Beobachtungen zeigen. Indessen wiederholte Bradley die Beobachtung am 17. December noch einmal, und fand zu seiner Verwunderung, dass der Stern noch weiter nach Süden gegangen war, während er das Gegentheil, oder wenigstens einen Stillstand zu finden erwartete. Am 20. überzeugten beide Astronomen sich, dass der Stern fortfuhr, sich nach Süden zu bewegen. Die aufmerksamste Untersuchung des Apparats gab keinen Anlass zum Misstrauen gegen die Beobachtungen; auch war die Regelmässigkeit der Bewegung nach Süden geeignet, jeden Zweifel dieser Art zu zerstreuen. Das Einzige, was zur Aufklärung der gänzlich unerwarteten Erscheinung geschehen konnte, war eine ununterbrochene Fortsetzung der Beobachtungen, und diese führten Molyneux und Bradley gemeinschaftlich aus, bis der

erstere, durch seine Ernennung zum Lord der Admiralität, davon abgezogen wurde. Im März 1726 fand sich der Stern 20'' südlicher, als am Anfange der Beobachtungen, eine Grösse, welche das, was das Instrument mit Sicherheit leisten konnte, zwanzigmal übertraf. Jetzt erst hörte seine südliche Bewegung auf, um sich in eine nördliche zu verwandeln, die ihn, wieder ein Vierteljahr später, in dieselbe Entfernung von dem Scheitelpunkte zurückführte, in welcher er ein halbes Jahr früher, am Anfange der Beobachtungen, gewesen war. Indessen ging die Bewegung nach Norden fort, und am Ende des dritten Vierteljahres befand er sich 39 Secunden nördlicher, als am Ende des ersten. Dann wandte er sich wieder nach Süden, und gelangte am Ende des Jahres wieder dahin, wo er am Anfange gewesen war. Der Stern hatte also eine beträchtliche Veränderung seines Ortes an der Himmelskugel gezeigt, eine viel grössere als die, die man zu entdecken erwartete. Allein diese Veränderung war ganz verschieden von der, die man suchte, denn sie folgte einem ganz verschiedenen Gesetze: während die Parallaxe den Stern am meisten nach Süden bringen musste, war er an seinem mittleren Orte; während sie ihn an diesen bringen musste, war er am südlichsten, und so ging es fort, immer traf eine Erscheinung, welche man erwartete, ein Vierteljahr später ein, als sie eintreffen sollte. Man hatte also etwas ganz anderes gefunden, als das was man suchte. Aber was war das Gefundene?

Bradley und Molyneux bemühten sich lange vergebens, die Antwort auf diese Frage zu finden. Der Erstere liess noch ein zweites Instrument erbauen, welches weiter von dem Scheitelpunkte entfernt werden konnte, als das ältere, und womit er die Erscheinung an einer weit grössern Zahl von Sternen (etwa 50) beobachten konnte. Die Ausdehnung der räthselhaften Bewegung zeigte sich von dem Orte, wo ein Stern am Himmel steht, abhängig, und gleichfalls hingen die Zeiten, zu welchen sie ihre Grenzen erreichte, davon ab. Er lernte auf diesem, Zeit und Mühe kostenden, aber dadurch auch vor jeder irrigen Ansicht schützenden Wege, die Erscheinung so vollständig kennen, dass es der endlichen Erklärung derselben nicht an den vollgültigsten Beweisen ihrer Richtigkeit fehlen konnte. Nach etwa drei Jahren des angestrengtesten Suchens, im September 1728, fand er diese Erklärung, deren Wesen ich jetzt kurz darzustellen versuchen werde. Wir müssen den Begriff der Richtung, in welcher ein Gegenstand gesehen wird, festhalten: sie wird durch die gerade-Linie gegeben, welcher entlang das von dem Gegenstande kommende Licht sich bewegt. Ferner müssen wir uns daran erinnern, dass das Licht nicht augenblicklich den Raum durchdringt, sondern mit einer gewissen, obgleich sehr grossen Geschwindigkeit, so dass es nur 8 Minuten und 13 Secunden Zeit gebraucht, um von der Sonne zur Erde zu gelangen; dieses wusste Bradley schon, denn Römer hatte es durch die Beobachtung der Wiederkehrzeiten der

Finsternisse der Monde des Jupiters erkannt, die später eintraten, wenn der Planet entfernter, früher wenn er näher war. Offenbar geht die Linie, welcher das Licht von einem festen Sterne entlang läuft, gerade auf den Stern zu, wenn sie ruhet; aber eben so offenbar geht sie nicht auf ihn zu, wenn sie sich selbst bewegt. Denn ein Lichttheilchen, welches sich in diesem Augenblicke am Auge, und damit in der von ihm ausgehenden geraden Linie befindet, ist in einem frühern Augenblicke, als das Auge noch nicht an dem Punkte war, wo es sich jetzt befindet, auch noch ausser der, mit dem Auge bewegten, gerade auf den Stern zugehenden Linie. Der Linie, welcher das Licht entlang laufen soll, welche also die Richtung, in der der Stern erscheint, angeben soll, muss also eine andere, vorwärts bei dem Sterne vorbeigehende Richtung gegeben werden. Der Unterschied zwischen dieser Richtung und der auf den Stern selbst zugehenden, ist offenbar desto kleiner, je kleiner die Geschwindigkeit des Auges und der mit ihm bewegten Richtungslinie, vergleichungsweise mit der fast unermesslichen Geschwindigkeit des Lichtes ist; er ist so gut wie verschwindend für alle Geschwindigkeiten, die auf der Erde hervorgebracht werden können; aber er ist nicht mehr verschwindend, sondern beträgt genau so viel, als Bradley's Beobachtungen ergeben haben, für die copernicanische Geschwindigkeit der Bewegung der Erde selbst, welche uns selbst und die Instrumente, womit wir die Richtungen beobachten, mit sich führt.

Diese scharfsinnige, aber so offenbar richtige Erklärung, dass es der Beobachtungen nicht bedurft hätte, um ihre Nothwendigkeit einzusehen, liess sich leicht mathematisch verfolgen, und führte dadurch zu Vorschriften, wonach der jedesmalige Einfluss der Bewegung der Erde auf die scheinbare Richtung eines Sterns berechnet werden konnte, und hierdurch zeigte sich eine so grosse Uebereinstimmung zwischen dem, was die Erklärung forderte, und dem, was Bradley's Beobachtungen wirklich gezeigt hatten, dass sie die äusserste Bewunderung erregen musste, nicht mehr über die Richtigkeit der als nothwendig erkannten Erklärung, sondern über die Einsicht und Sorgfalt, womit Bradley beobachtet hatte. Indem aber diese Beobachtungen die Aberration des Lichts, wie die entdeckte Erscheinung genannt wurde, ihrer Grösse nach kennen gelehrt hatten, und indem diese Grösse von der Geschwindigkeit des Lichts abhängt, so konnte aus ihren Resultaten auf diese Geschwindigkeit gefolgert, und also eine neue, von einem von dem Römerschen völlig verschiedenen Standpunkte ausgehende Bestimmung derselben erlangt werden. Bradley unterliess nicht, sie zu suchen; allein neuerlich, nachdem die ganze, äusserst zahlreiche Reihe seiner Beobachtungen durch Rigaud's Verdienst an das Licht gefördert war, hat der Observator Busch, von der Königsberger Sternwarte, die Untersuchung mit vermehrten Hülfsmitteln und in grösserer Vollständigkeit wiederholt, und dadurch die Geschwindigkeit des Lichts sicherer bestimmt, als sie, meiner Meinung

nach, durch irgend eine andere, in den seit Bradley verflossenen 100 Jahren angestellte ähnliche Beobachtungsreihe, bestimmt werden kann. Delambre hatte früher, durch neue Untersuchung der Finsternisse der Monde des Jupiters, auch auf dem, von Römer betretenen Wege ein genaueres Resultat gefunden. Beide Resultate stimmen so gut wie völlig überein.

Bradley zog aber noch eine zweite Kenntniss aus seinen Beobachtungen. Sie verriethen noch eine andere, bisher unbekannte, jedoch schon von Newton angedeutete Veränderung der Oerter der Fixsterne, welche nicht, wie die Aberration, in einem Jahre, sondern in 19 Jahren ihre Periode vollendet. Um diese Veränderung vollständig aus seinen Beobachtungen hervorgehen zu lassen, setzte Bradley sie 20 Jahre lang fort. Sie wurde als eine der zahlreichen Wirkungen erkannt, welche die Newton'sche Anziehung in den Bewegungen der Himmelskörper äussert; sie entsteht aus einer langsamen Aenderung der Lage des Aequators der abgeplatteten Erde, welche grösstentheils aus der Anziehung des Mondes hervorgeht; sie ist also einer Schwankung der Ebene des Aequators zuzuschreiben, und hat daher die Benennung Nutation erhalten. Ich habe die Entdeckung der Aberration so ausführlich dargestellt, dass ich Bedenken habe, bei der Nutation länger zu verweilen. Auch darf ich dieses eher unterlassen, weil sie sich nicht, wie jene, mit der Parallaxe der Fixsterne vermischt, welche gleichfalls die jährliche Periode der Aberration besitzt, und deren Hervortreten

also durch diese gänzlich verändert wird. Diese Bradley'schen Entdeckungen sind bei weitem das Wichtigste, was die Frage nach der jährlichen Parallaxe der Fixsterne darbieten konnte; auch wird ihre Beantwortung nur nach dem Vorgange dieser Entdeckungen möglich.

Ich darf nicht unterlassen, anzugeben, was durch Bradley's Entdeckungen gewonnen worden ist. Zuerst ist dadurch ein unmittelbarer Beweis der copernicanischen Lehre gewonnen, ein viel augenfälliger Beweis, als der hätte sein können, den man durch die, jedenfalls viel kleineren, parallactischen Bewegungen der Fixsterne zu führen hoffen konnte; denn ohne die Bewegung der Erde ist keine Spur von Aberration des Lichts vorhanden, über deren Vorhandensein in sehr merklicher Grösse, Bradley's Beobachtungen nicht den mindesten Zweifel lassen. Dieser Beweis ist so unzweideutig, dass er den eigensinnigsten Anticopernicaner hätte zum Schweigen bringen müssen, wenn noch einer hätte vorhanden sein können, nachdem hinreichende Zeit zum Verständnisse der Newton'schen Lehren verstrichen war. Ferner wurde dadurch die Ueberzeugung gewonnen, dass dieselben Beobachtungen der Sterne, welche vorher unerklärte Unterschiede von ihren mittleren Oertern, von 20 bis 30 Secunden übrigliessen, wirklich in Uebereinstimmung sind; dass man also nun darauf rechnen konnte, aus genauen astronomischen Beobachtungen auch genaue Resultate zu ziehen. Vorher konnte es kein Interesse haben, Genauigkeit der

Beobachtungen zu verschwenden, indem sie nicht zur Uebereinstimmung, also auch nicht zur Sicherheit führen konnte; aber jetzt konnte die Astronomie aufblühen, und jetzt blühte sie auf! Bradley selbst war der Mann, der ihr eine nicht geahndete Vervollkommnung zu geben wusste: ich habe viele Jahre meines Lebens auf die Verarbeitung der uns von ihm hinterlassenen Schätze verwandt, und während der Arbeit steigende Bewunderung seiner Einsicht und seiner Umsicht, hat mir eine Meinung von seinen Verdiensten eingeflösst, welche mir nicht erlaubt, sie hier, wo es nur gelegentlich geschehen könnte, weiter zu erläutern.

Der dritte Gewinn, den Bradley's Entdeckungen lieferten, trifft unsere Aufgabe unmittelbar. Denn, indem seine Beobachtungen durch die Aberration und Nutation vollständig erklärt wurden, liessen sie nichts durch die Parallaxe zu erklärendes übrig, und zeigten also, dass die jährliche Parallaxe der von Bradley beobachteten Sterne noch zu klein ist, um selbst durch so genaue Beobachtungen als die seinigen waren, erkannt werden zu können. Er selbst spricht aus, dass er sie, wenigstens bei den am häufigsten beobachteten Sternen, wohl erkannt haben würde, wenn sie auch nur eine halbe Secunde betrüge; eine Grösse, welche sie schon überschreiten würde, wenn diese Sterne nicht weiter als 400000 Halbmesser der Erdbahn entfernt wären. Ich habe oben versucht, die verschiedenen Grade der Genauigkeit der Beobachtungen an dem Beispiele eines eine Meile entfernten irdischen

Gegenstandes anschaulich zu machen: erinnert man sich daran, so bemerkt man, dass die Sicherheit, welche Bradley seinen Beobachtungen zuschreibt, so gross ist, dass der erwähnte Gegenstand, durch ihre Anwendung von den Endpunkten einer nur $1\frac{1}{2}$ Zoll langen Linie aus, nicht mehr unermesslich entfernt hätte erscheinen können. Da aber selbst diese sehr grosse Genauigkeit der Beobachtungen noch nicht hingereicht hatte, die unzweifelhaft vorhandene jährliche Parallaxe zu verrathen, so konnte die Hoffnung sie zu entdecken, ferner nur, entweder auf noch genauere Beobachtungen gegründet, oder durch die Aussicht, bei anderen Sternen grössere Werthe derselben zu finden, unterhalten werden. Diese Aussicht ging wirklich nicht dadurch verloren, dass die von Bradley beobachteten Sterne ihre jährlichen Parallaxen innerhalb der erwähnten engen Grenze zeigten.

Der nächste Schritt wurde von Herschel, dem Vater, versucht, der die jährliche Parallaxe an den Doppelsternen zu erkennen hoffte. Diese Hoffnung gründete sich auf seine anfängliche Ansicht von der Natur dieser Gestirne. Ihr zufolge sind die beiden, einen Doppelstern zusammensetzenden Sterne, ohne alle gegenseitige Verbindung, und zeigen sich nur sehr nahe bei einander, weil der Punkt, von welchem wir sie sehen, der Richtung von dem einen zu dem anderen nahe ist; die Entfernungen beider von uns sind dann wahrscheinlich sehr verschieden, und ihre Parallaxen sind es also gleichfalls. Hieraus muss eine Veränderung ihrer gegenseitigen Stellung entstehen,

welche durch den Umlauf der Erde um die Sonne erzeugt wird, und deren Bestimmung durch Beobachtungen in verschiedenen Jahreszeiten, zur Kenntniss des Unterschiedes der jährlichen Parallaxe beider Sterne führen muss. Herschel glaubte, eine Veränderung einer an sich so kleinen Grösse, wie die sichtbare Entfernung der beiden Sterne eines Doppelsterns ist, bemerken zu können, selbst wenn sie zu klein sein sollte, als dass andere Beobachtungsarten sie verrathen könnten. Dieser Idee folgend, fing er mit einer planmässigen Aufsuchung der Doppelsterne an; allein diese Aufsuchung war so erfolgreich, dass die bekannt werdende Anzahl derselben viel zu gross erschien, um ihre Entstehung aus bloss zufälliger Stellung der beiden, jeden derselben zusammensetzenden Sterne noch wahrscheinlich erscheinen zu lassen. Herschel vermuthete nun ihr wirkliches Zusammengehören, ihre wirkliche, nicht bloss scheinbare Nähe bei einander. Auch fand er Mittel, sich zu überzeugen, dass diese Ansicht die richtige war, und gab demzufolge die Ausführung seiner früheren Absicht auf, indem sie, mit der früheren Vorstellung zugleich, ihren Grund verlor. Allein die Doppelsterne erlangten selbstständiges Interesse, und Herschel verfolgte dieses, indem er ihre Aufsuchung fortsetzte, und endlich seine vielbewunderten Verzeichnisse dieser Gestirne lieferte. In der That ist die Verbindung, in welche die Doppelsterne mit unserer Aufgabe gekommen sind, nur eine zufällige; allein ich glaubte, sie in einer Darstellung der Bereicherungen, welche

die Astronomie dieser Aufgabe verdankt, nicht unberührt lassen zu dürfen.

Mehrere neuere Astronomen haben die Aussicht verfolgt, dass der vorzügliche Glanz eines Sterns eine geringere Entfernung andeuten möge, und dass daher Sterne der ersten Grösse deutlichere Spuren der jährlichen Parallaxe verrathen mögen, als die weniger hellen Sterne, welche Bradley bei Gelegenheit der Entdeckung der Aberration beobachtet hatte. Piazzì fand (1805) aus seinen Beobachtungen in Palermo beträchtliche, von 2 Sec. bis 10 Secunden gehende jährliche Parallaxen verschiedener Sterne der ersten Grösse, namentlich Wega, Aldebaran, Sirius und Procyon; für den ersten derselben wurde sein Resultat durch eine Angabe von Calandrelli noch übertroffen, der gleichfalls eigene Beobachtungen darüber in Rom angestellt hatte. So grosse Werthe der jährlichen Parallaxe von Sternen, die zu der Zahl derer gehören, welche auf guteingerichteten Sternwarten ununterbrochen beobachtet werden, hätten sich jedoch diesen fortlaufenden, obgleich anderer Zwecke wegen angestellten Beobachtungen, nicht verbergen können; jedenfalls gaben die vorhandenen Tagebücher der Greenwicher Sternwarte, aus der Zeit, als Bradley ihr Vorsteher war, die Mittel zu einer strengen Prüfung der Piazzìschen Resultate. Ich habe daher, bald nachdem diese bekannt geworden waren, eine Untersuchung mehrerer Hunderte dieser Beobachtungen der Sterne Sirius, Procyon, Wega und Athair, in der gegenwärtigen Beziehung, ausgeführt, und durch ihr

Resultat gezeigt, dass jährliche Parallaxen derselben von einer Secunde oder mehr, mit ihren Beobachtungen unverträglich sind. Dass die Palermer Bestimmungen hiermit im Widerspruche sind, kann durch den häufigen Gebrauch erklärt werden, den Piazzì von seinen Instrumenten gemacht hat. Man muss sich erinnern, dass die vielen Tausende von Beobachtungen, welche dem grossen Sternverzeichnisse dieses hochverdienten Astronomen zum Grunde liegen, in wenigen Jahren gesammelt worden sind, und dass so häufige Anwendung eines Apparates, von der Sicherheit etwas rauben muss, deren vollständiges Zusammenhalten kaum hingereicht haben würde, über die kleinen Grössen zu entscheiden, welche noch innerhalb der Grenzen des erhobenen Widerspruches liegen. Piazzì selbst erklärt sich auch nicht befriedigt von der Sicherheit seiner Bestimmungen. Calandrelli's Resultat aber beruhete auf einem Instrumente, welches an sich selbst nur geringe Sicherheit gewähren konnte.

Bradley's Greenwicher Beobachtungen liessen also keinen Zweifel darüber, dass die jährlichen Parallaxen auch der vier angeführten Sterne der ersten Grösse, eine Kleinheit besitzen, welche sie unter die Grössen versetzt, über deren wirkliches Vorhandensein, auch sehr genaue Instrumente nur mit grosser Schwierigkeit eine Entscheidung herbeiführen können. Indessen wären diese Instrumente, seit Bradley's Zeit, noch vervollkommenet worden, und im Besitze eines der grössten und schönsten Meridiankreise der neueren Zeit, hoffte Brinkley in Dublin, dadurch

Spuren der jährlichen Parallaxe einiger sehr hellen Sterne entdecken zu können. Wirklich fand er (1815) für Athair eine beträchtliche Grösse derselben, von fast 3 Secunden; für Wega, Deneb und Arcturus eine eine Secunde etwas überschreitende. Wenigstens die erstere dieser Bestimmungen wird aber durch den schon geltend gemachten Widerspruch entschieden getroffen, und auch die übrigen bleiben nicht ohne anderweitigen Widerspruch, den sie durch die gleichzeitigen Beobachtungen des Königlichen Astronomen Pond in Greenwich erfuhren. Allein es ist in der Ordnung, dass das Bewusstsein der Sorgfalt, welche ein Beobachter angewandt hat, um zuverlässige Resultate zu erhalten, ihm Zutrauen zu denselben einflösst: Brinkley misstrauete auch der Richtigkeit der seinigen nicht, sondern vertheidigte sie, in mehreren, zwischen ihm und Pond gewechselten Abhandlungen, deren letzte vom Jahre 1824 ist. Einem Dritten ist die Entscheidung zwischen beiden Astronomen, wenigstens die auf innere, aus ihren Beobachtungen selbst hergenommenen Gründe gestützte, so lange verwehrt, als nicht alle in Betracht kommende Beobachtungen in ihrer ursprünglichen Form, von Dublin aus eben sowohl bekannt gemacht sein werden, als es von Greenwich geschehen ist. Selbst dann aber kann sich die wahre Quelle eines Unterschiedes vielleicht noch verbergen, der so klein hervortritt, dass er an die Grenze streift, über welche hinaus man die Sicherheit der Leistung eines, wenn auch an sich sehr guten Meridian-Instruments, anzuerkennen nicht mehr geneigt sein wird.

Pond's Bemühungen um die jährlichen Parallaxen einiger Fixsterne gründen sich auf zwei verschiedenartige Apparate. Nicht allein die beiden Meridiankreise der Greenwicher Sternwarte (welche unter den vorhandenen ähnlichen Instrumenten die übereinstimmendsten Beobachtungen liefern) hat er dazu benutzt; sondern er hat auch 10 Fuss lange Fernröhre an errichteten Steinfeilern so befestigt, dass jedes derselben stets auf einen bestimmten Stern, dessen jährliche Parallaxe aufgesucht werden sollte, gerichtet blieb und die kleinen Unterschiede seines Ortes am Himmel, welche aus der Umlaufsbewegung der Erde hervorgehen müssen, durch ein, im Brennpunkte des Fernrohrs angebrachtes Mikrometer gemessen werden konnten. Diese sehr verständig angeordneten Massregeln engten die Grenzen der jährlichen Parallaxen von Wega, Deneb und Athair bis auf einige Zehntel einer Secunde ein, und gaben dadurch einen neuen Beitrag zu ihrer Kenntniss; allein sie reichten dennoch nicht bis zu der wirklichen Bestimmung ihrer Grösse. Hiermit stimmten die ganz neuen Beobachtungen Airy's, des Nachfolgers Pond's, welche für den ersteren der genannten Sterne dasselbe Resultat ergaben.

Durch das Vorige ist der Versuch, die Geschichte unserer Aufgabe darzustellen, bis auf die neueste Zeit geführt worden. Ich bin weit entfernt zu glauben, dass die fortschreitende Vervollkommnung der Beobachtungen, und damit die Vervollkommnung der Wissenschaft selbst, welche sich aus dieser Aufgabe

entwickelt haben, nie erlangt worden wären, wenn sie selbst gar nicht hervorgetreten wäre; allein ich kann auch nicht zweifeln, dass sie die Fortschritte der Wissenschaft kräftig beschleunigt hat. Wenn ein Versuch, die Parallaxe eines Fixsterns durch Beobachtungen zu erreichen, erfolglos blieb, so forderte er selbst zu der Schaffung neuer Hilfsmittel auf, welche die Kraft der Beobachtungen vermehren konnten; denn die Ueberzeugung des sicheren Vorhandenseins des Gesuchten nährte die Hoffnung, und erst dann würde sie verschwunden sein, wenn hätte nachgewiesen werden können, dass der zuletzt gethanene fruchtlose Schritt, der äusserste für die menschliche Kunstfertigkeit und die menschlichen Sinne wäre. Dieser Beweis ist aber weder geführt worden, noch kann er geführt werden. Auch jetzt, nachdem die in Greenwich gemachten Erfahrungen die Hoffnung, die jährliche Parallaxe eines Fixsterns zu entdecken, auf Beobachtungen, welche bis auf einen kleinen Theil einer Secunde sicher sind, zurückgewiesen und zugleich die genauesten vorhandenen Meridian-Instrumente als diese Parallaxe noch nicht erreichend gezeigt haben—auch jetzt durfte die Aufsuchung derselben nicht aufgegeben werden, sondern es ging nur hervor, dass sie auf eine andere Art gesucht werden musste. Ich werde versuchen, dieses weiter zu erklären.

Eine Beobachtung ist immer das Resultat verschiedener Vorrichtungen, deren jede nicht absolute Genauigkeit besitzt, sondern sich ihr nur desto mehr nähert, je mehr die Sinne durch den Apparat unter-

stützt werden. Jede derselben wird also Ursache eines Fehlers, und der Gesamtfehler der Beobachtung ist die Summe nicht nur der aus den einzelnen Vorrichtungen hervorgehenden Fehler, sondern auch der Einflüsse der Unvollkommenheiten des Apparates selbst. Hat die Beobachtung z. B. die Bestimmung der Entfernung eines Sterns von dem Scheitelpunkte oder dem Pole zum Zwecke, so tragen zu ihrem Fehler bei, nicht nur die Unvollkommenheiten in der Richtung des Fernrohrs auf den Stern und in der Ableseung der diese Richtung angehenden Theilungen, sondern auch die nicht vollkommen wahren Voraussetzungen, dass diese Theilungen genau richtig seien und dass der Apparat durch äussere Einwirkungen, z. B. ungleiche Erwärmung seiner verschiedenen Theile und unregelmässige, zufällige Spannungen seines Metalls, nicht verändert werde, und endlich alle Ursachen, welche die Bestimmung des Scheitelpunktes oder Poles unrichtig machen können. Gelingt es, die Wirkung einer der Fehlerursachen in engere Grenzen einzuschliessen, so wird damit die Beobachtung offenbar genauer; und sie wird noch genauer, wenn sie so angeordnet werden kann, dass dadurch diese Ursache aus der Zahl der zusammenwirkenden gänzlich ausgeschlossen wird.

Nach dieser Bemerkung ist es zunächst die Ausschliessung eines Theils der Fehlerursachen, welche sich als Mittel darbietet, die Genauigkeit der Beobachtungen zu vermehren, aus welchen die jährliche Parallaxe eines Fixsterns abgeleitet werden soll. Da

ihre Entdeckung nur auf der Beobachtung der im Laufe des Jahres vor sich gehenden Veränderungen der Oerter des Sterns an der Himmelskugel beruhet, und es zu ihrer Erkennung gleichgültig ist, in Beziehung auf welchen festen Punkt man diese Veränderungen beobachtet, so kann man sie ebensowohl auf einen anderen Fixstern, als auf den Scheitelpunkt oder Pol beziehen. Bezieht man sie aber auf einen Stern, der sehr nahe bei dem der Untersuchung zu unterwerfenden steht, so befreit man dadurch die Beobachtungen nicht allein von allen den Fehlerursachen, welche auf die Verwandlung der unmittelbaren Angaben eines Instrumentes in Entfernungen von dem Scheitelpunkte oder Pole Einfluss erhalten, sondern man kann sie auch durch ein Instrument beobachten, welches ausschliesslich zur Erfindung der gegenseitigen Stellung einander sehr naher Gestirne eingerichtet ist und durch diese Beschränkung Anspruch auch auf andere Vorzüge erhält, welche einem zu allgemeineren Gebrauche bestimmten Instrumente nicht gegeben werden können.

Durch mikrometrische Vergleichungen eines Sterns mit einem andern ihm sehr nahe erscheinenden, konnte man also noch hoffen, seine Parallaxe, obgleich sie sich anderen Beobachtungsarten entzogen hatte, hervortreten zu sehen. Man konnte überdies die Grösse des Fernrohrs, welches den mikrometrischen Apparat besitzt, nach Belieben vermehren, indem die sie beschränkende Bedingung, dass es ein Theil eines Meridian-Instrumentes sein solle, nicht mehr berück-

sichtigt zu werden brauchte; auch konnten durch das Mikrometer kleinere Theile gemessen werden, als durch die Theilung des letzteren Instruments. Allein alle diese Vortheile sind erst in neuerer Zeit wirklich erlangt worden. Fraunhofer hat das Verdienst, grössere Fernröhre zuerst so eingerichtet und aufgestellt zu haben, dass der Vortheil des mikrometrischen Messens nicht mehr durch früher damit verbundene Nachtheile überwogen wurde; durch Nachtheile, welche sich so gross zeigten, dass man diese Art des Messens als ganz unzuverlässig betrachtete, und, statt den grossen Nutzen, den sie versprach, daraus zu ziehen, sie sogar durch die längsten Umwege vermied. Der genannte grosse Optiker hat zwei Instrumente verfertigt, welche zu den feinsten mikrometrischen Messungen geeiguet sind; nämlich das grosse Fernrohr, welches durch den häufigen und wichtigen Gebrauch, den Struve davon gemacht hat, nicht nur seine Kraft gerechtfertigt, sondern auch der Astronomie die herrlichsten Früchte gebracht hat; und ferner das grosse Heliometer, welches sich auf der Königsberger Sternwarte befindet, und dessen Wesentliches darin besteht, dass es auch Messungen grösserer Winkel, bis zu fast einem Grade hin, mit demselben Vortheile liefert, welchen ein mit einem Mikrometer versehenes Fernrohr von gewöhnlicher Art nur bei viel kleineren Winkeln hervorbringen kann. Das erstere Instrument ist später, in der Münchener optischen Anstalt, noch eingemale ausgeführt worden; das andere ist ausser Königsberg noch nicht in Anwendung gekommen.

Struve hat nicht unterlassen, die Vervollkommnung der mikrometrischen Messungen zu benutzen, um dadurch ein Urtheil über die Grösse der jährlichen Parallaxe des hellen Sterns *Wega* in der *Leyer* zu erlangen. Dieser Stern hat in seiner Nähe, in nur 43 Secunden Entfernung, einen kleinen Gefährten, ohne desshalb ein eigentlicher, aus wirklich zusammengehörigen Sternen bestehender Doppelstern zu sein. *Herschel der Sohn* und *South* haben dieses durch die kleine eigene Bewegung gezeigt, welche der grosse Stern besitzt, aber der kleine nicht theilt; sie haben ihn also der anfänglichen Ansicht, welche der ältere *Herschel* von den Doppelsternen hatte, entsprechend erkannt. Hierdurch eignet sich der Stern zu der Ausführung des oben erwähnten Versuches, welchen *Herschel* auf die Doppelsterne gründen wollte. *Struve's* grosses Werk über die Messungen dieser Sterne, enthält den Anfang einer Beobachtungsreihe über die gegenseitigen Stellungen des Sterns *Wega* und seines Gefährten; zugleich auch das Versprechen, diesen Anfang fortsetzen zu wollen und die Aeusserung der Hoffnung, dass sich eine jährliche Parallaxe von einem Zehntel einer Secunde, den mikrometrischen Messungen nicht verbergen werde. — Der bekannt gewordene Anfang enthält 17 Messungen, zwischen dem 3. Novbr. 1835 und dem Ende 1837 angestellt, welche Zahl noch zu gering ist, um darauf ein sicheres Urtheil gründen zu können; die Fortsetzung, welche *Struve* schon ausgeführt hat, ist noch nicht bekannt geworden. Allein schon der Anfang lässt keinen

Zweifel darüber, dass die jährliche Parallaxe bei weitem nicht so gross ist, als *Brinkley* aus seinen Beobachtungen folgerte (s. oben).

Als ich die Genauigkeit kennen lernte, welche das am Ende von 1829 aufgestellte, grosse Heliometer der Königsberger Sternwarte den Beobachtungen geben kann, nährte sie die Hoffnung, dass es durch dieses Instrument endlich gelingen werde, die den bisherigen Versuchen, trotz ihrer mit der Zeit wachsenden Genauigkeit, sich hartnäckig entziehende jährliche Parallaxe der Fixsterne, in günstigen Fällen, zu erreichen. Mein verehrter Freund *Oibers* forderte mich wiederholt zu dem Versuche auf. Allein in den ersten Jahren nach der Aufstellung des Instruments waren dringende Anwendungen desselben vorhanden, und es schien mir nicht angemessen, eine auf die Entdeckung der jährlichen Parallaxe eines Fixsterns gerichtete Beobachtungsreihe anzufangen, wenn sie nicht wenigstens ein Jahr lang ununterbrochen fortgesetzt und während dieser Zeit allen anderen Beobachtungen, insofern eine gegenseitige Störung eintrat, vorgezogen werden konnte. Bald darauf forderten andere Arbeiten, während mehrerer Sommer, meine Abwesenheit von der Sternwarte; selbst ein im Herbste 1834 gemachter Anfang blieb ohne Folge, und erst im August 1837 konnte ich einen neuen Anfang machen, dessen Verfolgung bis zum Anfange des Octobers 1838, mir die Beobachtungen geliefert hat, welche die Veranlassung meiner gegenwärtigen Mittheilung sind.

Zum Zwecke dieser Beobachtungen habe ich die

jährliche Parallaxe des 61. Sterns des Schwans gemacht, eines kleinen, dem blossen Auge kaum sichtbaren Sterns, der aber nichtsdestoweniger für den nächsten, oder einen der nächsten von allen Fixsternen gehalten werden kann und dadurch Anspruch auf vorzugsweise Wahl erhält. Es ist seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts bekannt, dass mehrere Fixsterne eigenthümliche, stetig fortschreitende Bewegungen an der Himmelskugel zeigen, welche ihre Stellungen gegen benachbarte Sterne verändern und endlich die Gruppen, in welchen sie erscheinen, gänzlich umgestalten werden. Diese eigenen Bewegungen der Fixsterne wurden ungleich vollständiger und genauer bekannt, als im J. 1818 die Resultate aller Beobachtungen derselben, welche Bradley zwischen 1750 und 1762 auf der Sternwarte in Greenwich gemacht hatte, und ihre Vergleichung mit dem grossen Piazzischen Sternverzeichnisse, an das Licht traten. Hieraus ergab sich, dass fast die Hälfte aller, in beiden Verzeichnissen zugleich enthaltenen Sterne (deren Anzahl 2959 ist) eine, ein Zehntel einer Secunde erreichende oder überschreitende jährliche eigene Bewegung besitzt. Kleine Sterne zeigten sie ebensowohl wie grosse, und unter 71 Sternen, deren jährliche eigene Bewegungen ich eine halbe Secunde überschreitend fand, sind nur vier, welche die erste Grösse besitzen. Unter den häufigen Sternen, deren eigene Bewegungen merklich sind, sind vier, bei welchen sie eine ungewöhnliche Grösse erreichen, nämlich der helle Stern Arcturus und die Sterne der 5. bis 6. Grösse μ der

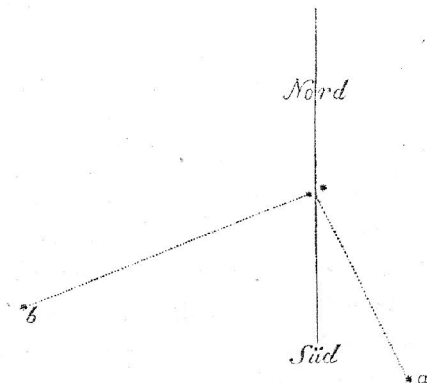
Cassiopeja, δ des Eridanus und 61 des Schwans. Der letztere besitzt die grösste von allen eigenen Bewegungen, welche sich unter den Fixsternen gezeigt haben; sie beträgt jährlich mehr als 5 Secunden. Diese eigenen Bewegungen sind offenbar Folgen von Ortsveränderungen, welche entweder die Sterne selbst, oder unser Sonnensystem erfahren, wahrscheinlich von beiden zugleich. Sie mögen aber aus der einen, oder der anderen dieser Ursachen entstehen, so wird klar, dass ein Stern, der eine gewisse Grösse und Richtung seiner auf unser Sonnensystem bezogenen Bewegung besitzt, ein desto grösseres Fortschreiten an der Himmelskugel zeigen muss, je kleiner seine Entfernung ist. Man kann zwar diesen Schluss nicht umkehren und also auch nicht behaupten, dass die Entfernung eines Sterns desto kleiner sei, je grösser sein Fortschreiten an der Himmelskugel ist; allein in gänzlicher Ermangelung eines untrüglichen Grundes, den einen Fixstern für näher zu halten als einen anderen, mag man dem Anzeichen von Nähe, welches eine grosse eigene Bewegung giebt, folgen, indem man die Wahl des Sterns trifft, welcher der Gegenstand einer Untersuchung über die jährliche Parallaxe werden soll. Auch scheint dieses Anzeichen weniger trüglich zu sein, als die Helligkeit eines Sterns, welche, wenn man die Entfernung der Planeten unseres Sonnensystems darnach beurtheilen wollte, bekanntlich ein gänzlich unrichtiges Urtheil geben würde. Als ich die grosse eigene Bewegung des 61. Sterns des Schwans (1812) aus Bradley's Beobachtungen er-

kannte, hob ich die Aussicht hervor, seine jährliche Parallaxe grösser zu finden, als die fruchtlos gesuchten jährlichen Parallaxen anderer Sterne. Dieser Aussicht sind Arago und Mathieu gefolgt, indem sie die Entfernungen des Sterns vom Scheitelpunkte, im August und November 1812 beobachtet haben. Eine kurze Nachricht hiervon hat der erstere 1834 bekannt gemacht, und man sieht daraus, dass diese Beobachtungen einer jährlichen Parallaxe von einer halben Secunde günstig waren. Ich selbst bin ihr 1815 und 1816 gleichfalls gefolgt, aber ohne ein annehmbares Resultat zu erhalten. Der Apparat, den ich damals anwenden konnte, war zu der Bestimmung einer so kleinen Grösse, als die jährliche Parallaxe dieses Sterns sich jetzt gezeigt hat, sicher ungenügend. Welches Gewicht das Resultat des in Paris gemachten Versuches besitzt, kann ich nicht sagen, weil in der kurzen Nachricht darüber nichts angeführt ist, was ein Urtheil begründen könnte; über das was dieselbe Beobachtungsart in anderen Fällen geleistet hat, wird man am Ende dieses Aufsatzes eine Angabe finden.

Wegen seiner grossen eigenen Bewegung also, habe ich den 61. Stern des Schwans zum Gegenstande meiner gegenwärtigen Beobachtungen gewählt. Er erscheint aber noch aus anderen Gründen besonders geeignet dazu: er steht an einem Orte der Himmelskugel, welcher in Königsberg immer über dem Horizonte bleibt und zu allen Jahreszeiten, einen Monat ausgenommen, bei Nacht in eine Höhe gelangt, in welcher der nachtheilige Einfluss nicht mehr störend

ist, den die Nähe des Horizonts auf das Sehen, und folglich auch auf die Genauigkeit der Beobachtungen, äussert; er ist ferner ein Doppelstern, den ich mit grösserer Genauigkeit als einen einzelnen Stern beobachten zu können glaubte; er ist endlich von vielen kleinen Sternen umgeben, unter denen man Vergleichungspunkte nach Belieben auswählen konnte.

Meine Beobachtungen sind Messungen der Entfernungen des in der Mitte zwischen beiden Sternen des Doppelsterns liegenden Punktes, von zwei Sternen der 9. bis 10. Grösse, welche sich in seiner Nähe finden, und welche ich *a* und *b* nennen werde. Die beigedruckte Figur zeigt die gegenseitige Lage des Doppelsterns und dieser beiden kleinen Sterne; die beiden Sterne des ersteren sind aber, zur Vermehrung der Deutlichkeit, noch einmal so weit voneinander entfernt gezeichnet, als sie, vergleichungsweise mit den letzteren wirklich sind, der auf der rechten Seite stehende ist etwas heller als der andere.



Um verständlich zu machen, wie die Entfernungen der Sterne *a* und *b* von der Mitte des Doppelsterns gemessen werden konnten, muss ich an das Prinzip des Heliometers erinnern. Das Wesentliche eines Instruments dieser Art ist, dass das Objektivglas seines Fernrohrs in zwei Hälften zerschnitten ist, deren jede, in der Richtung des Durchschnittes, verschoben werden kann, während beide zusammen um die Axe des Fernrohrs gedreht werden können, so dass man die Durchschnittslinie dadurch in jede beliebige Richtung bringen kann. Jede Hälfte des Objektivs zeigt eben sowohl ein Bild des Gegenstandes, auf welches man das Fernrohr richtet, als das nicht zerschnittene Objektiv es gezeigt haben würde, allein ein nur halb so helles. Beide Bilder fallen offenbar zusammen, wenn die beiden Hälften so gestellt werden, dass ihre Mittelpunkte zusammenfallen, so dass sie ein ganzes Objektiv bilden; aber sie entfernen sich eben so weit voneinander, als man die Mittelpunkte der beiden Hälften auseinander verschiebt. Die Messung der Grösse der Verschiebung giebt also das Mass der Grösse der Entfernung der beiden Bilder; und wenn das Instrument so eingerichtet ist, dass es die erstere mit grosser Genauigkeit angiebt, so folgt die letztere daraus mit derselben Genauigkeit. Man misst also mit dem Heliometer auch die Entfernung zweier Punkte von einander, indem man die Durchschnittslinie der beiden Objektivhälften in die durch beide Punkte gehende Richtung bringt, und dann eine dieser Hälften so weit verschiebt, dass das von ihr gemachte Bild

des einen Punkts, mit dem von der anderen Hälfte gemachten des anderen zusammenfällt. Bei meinen Messungen der Entfernung entweder des einen oder des anderen der Sterne *a* und *b*, von dem Punkte in der Mitte zwischen beiden Sternen des Doppelsterns, wurde also das Bild, welches die eine Objektivhälfte von jenem gab, in diese Mitte des von der anderen gegebenen Bildes dieser beiden Sterne gebracht, so dass man noch einen kleineren Stern, in der Mitte der beiden helleren des Doppelsterns sah. Die Empfindlichkeit des Auges ist am grössten, wenn sie zur Beurtheilung der Gleichheit der Entfernungen eines mittleren Punktes von zwei äusseren, einander sehr nahen Punkten angewandt wird. Man kann also die Entfernung eines Sterns von der Mitte zweier Sterne eines Doppelsterns genauer messen, als von einem einzelnen Sterne.

Was fortgesetzte Messungen der Entfernung des Sterns 61 (der Mitte) von jedem der beiden, zu seiner Vergleichung gewählten Sterne *a* und *b*, über die jährliche Parallaxe lehren können, geht aus der (pag. 213) gegebenen Entwicklung der Erscheinung, welche sie verursacht, hervor. Der Stern 61 bewegt sich an der Himmelskugel in einer Ellipse, deren Figur durch seine Lage gegen die Ebene der Erdbahn bestimmt ist, und deren grösster Durchmesser das Doppelte seiner jährlichen Parallaxe ist; auch der Vergleichungsstern beschreibt eine Ellipse von derselben Figur, aber in dem Verhältnisse kleiner, in welchem seine jährliche Parallaxe kleiner ist als die

von 61; beide Sterne durchlaufen ihre Ellipsen auf gleiche Art, oder sie befinden sich immer an ähnlich liegenden Punkten derselben. Ihre scheinbare Entfernung erfährt also die Veränderungen, welche aus dem Unterschiede der Grössen beider Ellipsen hervorgehen; und wenn man, umgekehrt aus der beobachteten Grösse der Veränderungen, die Grösse der jährlichen Parallaxe ableitet, so ist das was man findet der Unterschied der jährlichen Parallaxen beider Sterne. — In dieser Darstellung habe ich nicht der Aberration gedacht, obgleich sie beide Sterne, im Laufe des Jahres, weit stärker als die kleine jährliche Parallaxe, an der Himmelskugel bewegt. Sie würde offenbar gar keinen Einfluss auf die Entfernung beider Sterne haben, wenn sie beiden genau gleiche Bewegungen an der Himmelskugel gäbe; allein die Bewegung, welche sie einem Sterne giebt, hängt von dem Orte ab, den er an der Himmelskugel einnimmt, und da dieser Ort des Sterns 61 und der Ort des Vergleichssterne zwar einander sehr nahe (von *a* nur 7 Min. 22 Sec. entfernt, von *b* nur 11 Min. 46 Sec.) sind, jedoch nicht völlig zusammenfallen, so ist wirklich ein kleiner Unterschied der Aberrationen vorhanden, der einen kleinen Einfluss auf die Entfernungen erhalten muss, aber durch Rechnung leicht bestimmt wird, also keine Schwierigkeit erzeugt. Ferner habe ich des Einflusses nicht gedacht, welchen die eigene Bewegung des Sterns 61 auf die Entfernung erhält. Er besteht offenbar in einer sehr nahe gleichförmigen Veränderung derselben, deren Grösse

man berechnen kann, wenn man die eigene Bewegung des Sterns kennt. Hierdurch kann man alle, im Laufe der Zeit gemachten Messungen der Entfernung, auf die Werthe zurückführen, welche man gemessen haben würde, wenn der Stern 61 unverändert an dem Orte geblieben wäre, wo er sich zu einer bestimmten Zeit, z. B. am Anfange des Jahres 1838, befand.

Das eben Gesagte erläutert, wie aus fortgesetzten Messungen der Entfernung des Sterns 61 von einem jeden der Vergleichssterne, ein Urtheil über den Unterschied der beiden jährlichen Parallaxen hervorgehen muss. Einer der Vergleichssterne wäre also schon hinreichende Grundlage der Untersuchung gewesen, allein ich habe deren zwei gewählt, um zwei von einander unabhängige Resultate zu erhalten, welche sich gegenseitig entweder bestätigen oder verdächtig machen konnten. Ich habe diese Beobachtungen am 16. Aug. 1837 angefangen, und aus ihrer Fortsetzung bis zum 2. October 1838 die Resultate gezogen, welche ich jetzt mittheilen werde. In dieser Zwischenzeit sind 85 Vergleichungen des Sterns 61 mit dem Sterne *a*, und 98 mit dem Sterne *b* gelungen. Jede derselben ist das mittlere Resultat mehrerer, gewöhnlich 16, in jeder Nacht gemachten Wiederholungen der Messung, so dass sie die nicht weiter vermeidlichen Unvollkommenheiten des Sehens mit dem Fernrohre, verkleinert enthält. — Ich zweifle nicht, dass fortgesetzte Vergleichungen dieser Art, wenn ihre Genauigkeit durch kein äusseres Hinderniss litte, die jährliche Parallaxe verrathen würden,

selbst wenn sie den zehnten Theil einer Secunde nicht überschritte; aber das äussere Hinderniss fehlt selten, denn selten fehlt das Zittern der Luft, welches die Bilder im Fernrohre un deutlich macht und sie überdies nicht ruhig, sondern hin- und herschwankend zeigt. Dieser, wenigstens in Königsberg, gewöhnliche Zustand der Luft, setzt der zu erlangenden Sicherheit eine Grenze; man kann sie, durch Abwarten des günstigsten Zustandes nicht überschreiten, weil dieser gar zu selten, im Winter und im hohen Sommer fast nie, eintritt.

Als ich indessen alle gemachten Beobachtungen, durch Rechnung von den Einflüssen befreiet hatte, welche die Aberration und die eigene Bewegung des Sterns 61 auf die Entfernungen äusserten, zeigten sich sehr deutlich Veränderungen derselben, welche demselben Gesetze folgten, nach welchem eine jährliche Parallaxe des Sterns 61, seine Entfernungen, sowohl von dem Sterne *a* als von dem Sterne *b*, im Laufe des Jahres verändern musste. Die Parallaxe forderte, dass die Entfernung von *a* am Anfange des Jahres am kleinsten, in seiner Mitte am grössten, erscheine, so wie die Entfernung von *b* in der Mitte des April am kleinsten und in der Mitte des October am grössten. Die Beobachtungen beider Sterne zeigten wirklich Veränderungen der Entfernungen, welche mit dieser Forderung übereinstimmten; auch war ihre Anzahl zu gross, als dass man noch hätte fürchten dürfen, dass ihre Uebereinstimmung mit der Forderung, nur durch ihre eigenen, zufälligen Unvoll-

kommenheiten erzeugt sein mögte. Es waren also deutliche Spuren der jährlichen Parallaxe vorhanden, und indem ich diese verfolgte, musste ich zu ihrer Bestimmung gelangen.

Ich habe zuerst die Vergleichenngen des Sterns 61 des Schwans mit *a* und mit *b* abgesondert verfolgt, und dadurch gefunden, dass den Beobachtungen am vollkommensten Genüge geleistet wird, wenn man den Unterschied der jährlichen Parallaxen der Sterne 61 und *a* 37 Hundertel einer Secunde gross annimmt; der Sterne 61 und *b* aber 26 Hundertel einer Secunde. Obgleich die Beobachtungen hierdurch zu zeigen scheinen, dass der Stern *b* selbst eine bemerkbare jährliche Parallaxe besitzt, so bin ich doch keineswegs geneigt, ihnen eine so grosse Sicherheit zuzutrauen, dass ich dieses Resultat für unzweifelhaft ansehen mögte. Sie müssen beträchtlich länger fortgesetzt werden, ehe man als entschieden betrachten darf, dass der gefundene kleine Unterschied von 11 Hunderteln einer Secunde, nicht aus einer zufälligen Anhäufung ihrer eigenen Unvollkommenheiten entstanden ist. Obgleich der Schluss von der geringen Helligkeit der Sternchen *a* und *b*, auf ihre so grosse Entfernung, oder ihre so kleine jährliche Parallaxe, dass diese gänzlich unmerklich ist, eben so wenig als sicher betrachtet werden darf, so halte ich doch der jetzigen Ausdehnung der Beobachtungsreihe angemessen, ihn zu verfolgen, und daher aus dem Zusammennehmen der Vergleichenngen des Sterns 61 mit beiden Sternen *a* und *b*, ein mittleres; auf der Voraussetzung der

Unmerklichkeit der jährlichen Parallaxen der letzteren Sterne beruhendes Resultat für die jährliche Parallaxe des ersteren zu suchen. Dieser Ansicht bin ich gefolgt und habe dadurch die jährliche Parallaxe des 61. Sterns des Schwans etwas grösser als 31 Hundertel einer Secunde gefunden.

Es ist aber nie hinreichend, dass das Resultat einer Beobachtungsreihe, seiner Grösse nach angegeben werde: indem die Natur aller Beobachtungen mit sich bringt, dass sie nur Näherungen an die Wahrheit sind, ist auch ihr Resultat nur eine Näherung an die Wahrheit, und das Urtheil über seinen Werth kann nur durch eine Untersuchung der Grenzen erlangt werden, über welche hinaus es sich wahrscheinlich nicht von der Wahrheit entfernt. Je genauer und zahlreicher die Beobachtungen, durch welche das Resultat gegeben wird, sind, desto weniger entfernen sich die Grenzen seiner wahrscheinlichen Unrichtigkeit von der Wahrheit. Der Beobachter kann, durch zweckmässige Anordnung seiner Beobachtungsreihe und durch aufmerksame Berücksichtigung aller Eigenthümlichkeiten seines Apparats, welche, wenn sie unberücksichtigt blieben, Unzuverlässigkeiten erzeugen würden, dahin gelangen, dass er die Unvollkommenheiten der Beobachtungen in ihren kleinsten Umfang zurückführt; wie gross dieser Umfang aber ist, kann immer nur durch den letzten Erfolg, nämlich durch die Beobachtungen selbst, erkannt werden. Die Grösse der Abweichungen der einzelnen Beobachtungen von dem Resultat aus allen, führt immer zur Kenntniss des Grades von

Vertrauen, welchen sie verdienen: sie bestimmt die mittlere Grösse des Fehlers einer einzelnen Beobachtung, und durch die Verfolgung dieser Bestimmung kann die mittlere Grösse des Fehlers des Resultats erkannt werden. Eine Untersuchung dieser Art, der von mir gemachten Vergleichen des Sterns 61 mit beiden Sternen *a* und *b*, hat gezeigt, dass eine einzelne Vergleichung, jenachdem sie sich auf den ersteren, oder den letzteren bezieht, einen mittleren Fehler von 13 Hunderteln, oder von 16 Hunderteln einer Secunde besitzt. Die Vergleichen mit dem Sterne *b* sind daher etwas weniger genau, als mit dem Sterne *a*, wovon der Grund in der Verschiedenheit der Lage beider Sterne gegen die Richtungslinie der beiden Sterne des Doppelsterns zu liegen scheint. Das angeführte, auf der Verbindung der Beobachtungen beider Sterne beruhende Resultat für die jährliche Parallaxe des Sterns 61, ist mit Rücksicht auf diese Verschiedenheit der Genauigkeit der Beobachtungen beider, erlangt worden, und die weitere Verfolgung derselben hat ergeben, dass sein mittlerer Fehler auf zwei Hundertel einer Secunde geschätzt werden kann.

Man kann keinesweges behaupten, dass jede Beobachtung bis auf den mittleren Fehler der Beobachtungen der Reihe, wozu sie gehört, richtig ist; vielmehr bringt der Begriff des mittleren Fehlers es mit sich, dass er einen Theil der vorkommenden Fehler überschreitet und von einem anderen Theile derselben überschritten wird. Allein dennoch giebt er eine Vorstellung von dem Grade der Sicherheit der Beobachtung.

Fehler, welche kleiner sind als der, den ich hier den mittleren genannt habe, finden sich, wenigstens im Allgemeinen, häufiger als grössere; oder die Wahrscheinlichkeit, dass eine Beobachtung weniger von der Wahrheit abirrt, ist grösser als die Wahrscheinlichkeit, dass sie mehr abirrt; mit der Grösse der Abirung nimmt ihre Wahrscheinlichkeit so schnell ab, dass das Vorkommen eines, den mittleren beträchtlich überschreitenden, z. B. doppelt oder dreimal so grossen Fehlers, schon als sehr wenig wahrscheinlich angesehen werden muss. Genau so verhält es sich mit dem mittleren Fehler eines, aus Beobachtungen gezogenen Resultats: auch dieser ist nicht etwa eine Grenze, welche sein wirklicher Fehler nicht überschreiten kann, allein es ist unwahrscheinlich, dass sie von ihm beträchtlich überschritten werde. In dem Falle der jährlichen Parallaxe des 61. Sterns des Schwans, kann also auch nicht behauptet werden, dass ihr gefundener Werth von 31 Hunderteln einer Secunde, bis auf ihren, gleichfalls gefundenen, mittleren Fehler von zwei Hunderteln einer Secunde sicher sei; aber wahrscheinlich ist ein grösserer Fehler nicht, und ein beträchtlich grösserer ist sehr unwahrscheinlich; ein so grosser, dass die Bemerkbarkeit der jährlichen Parallaxe dadurch zweifelhaft würde, besitzt einen Grad von Unwahrscheinlichkeit, den man mit gänzlicher Verneinung gleichzuachten gewohnt ist.

Es ist also nicht mehr zu bezweifeln, dass die Beobachtungen endlich über die Grenze hinausgeführt

haben, welche sie überschreiten mussten, damit die Entfernung eines Fixsterns von dem Unermesslichen in das Messbare übergehen konnte. Nimmt man die gefundene Grösse der jährlichen Parallaxe des 61. Sterns des Schwans (genauer $0'',3136$) als den wahren Werth derselben an, so folgt daraus seine Entfernung von der Sonne = 657700 Halbmessern der Erdbahn. Das Licht gebraucht etwas über 10 Jahre, um diese grosse Entfernung zu durchlaufen. Sie ist so gross, dass sie nur begriffen, nicht aber versinnlicht werden kann. Alle Versuche sie anschaulich zu machen, scheitern entweder an der Grösse der Einheit wodurch sie gemessen werden soll, oder an der Grösse der Zahl der Wiederholungen der Einheit. Die Entfernung, welche das Licht in einem Jahre durchläuft, ist nicht anschaulicher als die, die es in zehn Jahren zurücklegt; wählt man dagegen eine anschauliche Einheit, z. B. die Entfernung von 200 Meilen, welche ein Dampfwagen täglich durchlaufen kann, so muss man 68000 Millionen solcher Tagereisen, oder fast 200 Millionen Jahresreisen, zur Angabe der Entfernung des Sterns machen. — Aber jede Bemühung, eine Grösse zu versinnlichen, welche die auf der Erde zugänglichen weit überschreitet, verfehlt ihren Zweck und artet in das Kindische aus.

Indessen ist der Verstand nicht an die Grenzen des Anschaulichen gebunden, und grosse Zahlen wie kleine, können weiteren Folgerungen zum Grunde gelegt werden. Auf die gefundene Entfernung des 61. Sterns des Schwans kann man einige Folgerungen

gründen, welche ich kurz erwähnen werde. Der Stern zeigt, wie ich oben schon gesagt habe, eine fortschreitende Bewegung am Himmel, von mehr als 5 Secunden jährlich, welche aus seiner, beziehungsweise zu der Sonne stattfindenden Bewegung im Weltraume hervorgeht; ob diese Bewegung dem Sterne, oder der Sonne, oder beiden zugleich, eigenthümlich ist, weiss man zwar nicht, doch ist das letztere das Wahrscheinlichere. Eben so wenig weiss man, in welcher Richtung gegen die Gesichtslinie nach dem Sterne, diese beziehungsweise Bewegung vor sich geht; ob sie diese Linie senkrecht durchschneidet oder einen mehr oder weniger spitzen Winkel mit ihr macht. Man erklärt sie aber durch die kleinste wahre Bewegung, durch welche sie erklärt werden kann, wenn man das erstere annimmt. Man weiss also, dass die beziehungsweise jährliche Bewegung beider Gestirne nicht kleiner sein kann, als eine Linie, welche in der angegebenen Entfernung des Sterns so gross erscheint als sein jährliches Fortschreiten an der Himmelskugel von 5 Secunden: diese Linie ist 16 Halbmesser der Erdbahn lang, welche demnach die kleinste Grenze der beziehungsweise jährlichen Bewegung beider Gestirne sind. Während eines Tages beträgt diese Grenze der Bewegung etwa eine Million Meilen, etwa dreimal so viel als die Copernicanische Umlaufsbewegung der Erde um die Sonne. Wenn die beziehungsweise Bewegung allein eine Bewegung der Sonne ist, so geht aus ihrer angegebenen kleinsten Grenze hervor, dass die gewöhn-

liche Vorstellung der Ruhe der Sonne im Weltraume beträchtlich geändert werden muss; wenn aber auch der Stern, wahrscheinlich, Antheil daran hat, so ist doch nicht zu vermuthen, dass dieser gross genug wäre, um die Folgerung im Wesentlichen zu ändern. Diese Bewegung der Sonne und des ganzen Planetensystems hat indessen gar keinen Einfluss auf die Erscheinungen, welche die zu diesem Systeme selbst gehörenden Körper zeigen.

Die bekannt gewordene Entfernung des 61. Sterns des Schwans führt auch zu einer Kenntniss der Menge von körperlichen Theilen, welche er enthält, oder zu einer Vergleichung seiner Masse mit anderen bekannten Massen, z. B. der Masse der Sonne. Da er ein Doppelstern ist und die beiden ihn zusammensetzenden Sterne nur durch eine gemeinschaftliche Umlaufsbewegung um einen zwischen ihnen liegenden Punkt, vor der Vereinigung miteinander geschützt werden können, so ist eine solche Bewegung nothwendig vorhanden und zeigt sich auch wirklich in den gegenseitigen Stellungen der beiden Sterne, welche seit Bradley's Zeit beobachtet worden sind: im Jahre 1753 erschien der kleinere Stern noch nicht in nordöstlicher Richtung von dem grösseren, ging aber dann durch Nordosten und Osten und befindet sich gegenwärtig schon merklich südlich von dem letzteren. Die weitere Entwicklung dieser Bewegung im Laufe der Zeit, wird zeigen, dass die scheinbare Bahn, welche beide Sterne, beziehungsweise aufeinander, an der Himmelskugel beschreiben, eine Ellipse ist, deren

Figur und Grösse, so wie auch die Umlaufszeit, aus den Beobachtungen hervorgehen werden. Indem man die Entfernung des Sterns von uns kennt, kann man aus der scheinbaren Grösse der Bahn auf ihre wahre Grösse schliessen, und aus der Vergleichung der letzteren mit der Umlaufszeit, das Urtheil über die Grösse der Kraft, womit beide Sterne des Doppelsterns sich gegenseitig anziehen, ebensowohl erlangen, als man das ähnliche in dem Falle eines von einem Satelliten begleitenden Planeten erlangt. Man wird also die, dieser Kraft verhältnissmässige Summe der Massen der beiden Sterne, oder die ganze Masse des Doppelsterns erfahren. Für jetzt kann aber diese Bestimmung noch nicht mit Sicherheit erlangt werden, indem der seit Bradley durchlaufene Theil der scheinbaren Bahn noch nicht gross genug ist, um daraus auf die wahre Bahn schliessen zu können; man kann nur daraus erkennen, dass die Umlaufszeit nicht kürzer ist als sechsthalb Jahrhunderte, und dass der grösste Halbmesser der Bahn sich nicht kleiner zeigen wird als 15 Secunden. Diese Grenzen auf einer Seite, sind allerdings noch nicht hinreichend zu einer Bestimmung der Masse des Doppelsterns; allein sie machen wahrscheinlich, dass diese nicht beträchtlich kleiner oder grösser ist als die Hälfte der Masse unserer Sonne. Man wird hierdurch berechtigt, die Sonne, vergleichungsweise mit dem 61. Sterne des Schwans, weder für einen besonders grossen, noch für einen besonders kleinen Körper zu halten; vielmehr ist dieser erste Fall, in welchem eine Vorstel-

lung von der Grösse der Masse eines Fixsterns erlangt werden konnte, die Ansicht bestätigend, dass auch die Sonne ein gewöhnliches von den zahllosen Sandkörnern ist, welche den Weltraum füllen.

Auch wird man, nach der Erkenntniss der Summe der beiden Massen des Doppelsterns, zur Kenntniss jeder einzelnen derselben gelangen. Dazu ist erforderlich, dass der Punkt zwischen beiden Sternen, welcher während ihrer Umlaufsbewegung in Ruhe bleibt, durch lange fortgesetzte Beobachtungen ausgemittelt werde, so dass man, aus der beziehungsweise Bewegung der Sterne, die wahre eines jeden von ihnen kennen lernt. Das Verhältniss der beiden Bewegungen ist auch das Verhältniss der Massen, und dieses, verbunden mit der Bestimmung ihrer Summe, ergiebt die Bestimmung jeder einzelnen. Es werden aber mehrere Jahrhunderte verfließen, ehe man zu dieser Bestimmung gelangen wird.

Ich schliesse meine Mittheilung über die jährliche Parallaxe eines Fixsterns, mit der Aeusserung meiner Meinung über ihre wissenschaftliche Bedeutung und Folgen. Ich bin eben so wenig geneigt, ihrer Auffindung in dem dargestellten Falle, an sich selbst, alles Interesse abzusprechen, als ich geneigt bin, das ihrige für vergleichbar mit dem Interesse der wichtigen Entdeckungen zu halten, welche das Suchen nach der jährlichen Parallaxe der Fixsterne herbeigeführt hat. Ich gestehe, dass ich die erlangte Kenntniss des einzelnen Falles für wenig geeignet halten würde, Theilnahme zu erregen, wenn ich nicht glaubte, dass

sie auf einen Standpunkt führe, von welchem aus sich weitere Aussicht eröffnet. Als Gewinn für die Wissenschaft selbst, betrachte ich die Erlangung einer Vorstellung von der Grösse, über welche Beobachtungen mussten entscheiden können, damit sie die jährliche Parallaxe eines Fixsterns verriethen: diese Grösse darf nicht mehr, wie es bisher erlaubt war, für so klein gehalten werden, dass sie die Hoffnung niederschläge, sie auch durch Beobachtungsarten erreichen zu können, welche, nicht wie die auf dem Heliometer beruhende, nur in besonderen, geeigneten Fällen, sondern im Allgemeinen, anwendbar sind. Die Verfolgung dieser Hoffnung bis zu ihrer Erreichung, tritt also als neue Aufgabe hervor, als Aufgabe, deren Auflösung nicht nur die Entfernungen einiger Fixsterne kennen lehren, sondern auch der ganzen Astronomie einen neuen Grad der Vollendung bringen wird; denn von der Genauigkeit der Beobachtungen geht ihre Vollendung aus, und der geschichtliche Gang der Wechselwirkung zwischen derselben und der Theorie lässt nicht bezweifeln, dass auch diese sich bis zu den erhöhten Forderungen emporarbeiten wird. Für jetzt ist zwar die allgemein anwendbare Beobachtungsart durch Meridianinstrumente, hinter der besonderen noch beträchtlich zurück; denn ich finde durch eine Untersuchung vieler, in den Tagebüchern der Greenwicher Sternwarte enthaltenen Angaben, dass jede Anwendung der dortigen, unter allen vorhandenen die übereinstimmendsten Beobachtungen liefernden Kreise, noch einen mittleren Fehler

von 72 Hunderteln einer Secunde besitzt, und ferner aus seiner Vergleichung mit den mittleren Fehlern von resp. 13 und 16 Hunderteln einer Secunde, welche das Heliometer in den Entfernungen des 61. Sterns des Schwans von den Sternen *a* und *b* übrig gelassen hat, dass resp. 28 und 19 Beobachtungen der ersteren Art erforderlich sind, um ein eben so sicheres Resultat zu geben als eine der letzteren; allein dennoch bezweifle ich nicht, dass jene Beobachtungsart erreichen kann, was dieser erreichbar ist. Weit entfernt, die Auflösung der ausgesprochenen Aufgabe jetzt schon für erreichbar zu halten, erwähne ich besonders der Schwierigkeit, welche die selten ganz fehlende und gewöhnlich in sehr störendem Grade vorhandene Unruhe der Luft, täglich nur einmal möglichen Beobachtungen im Meridiane, in höherem Grade in den Weg legt, als beliebig oft, mit einem mikrometrischen Apparate wiederholten; allein wenn es erst gelungen sein wird, anderweitige Verbesserungen der Beobachtungsart, bis zu dem Grade herbeigeführt zu haben, der die Ueberzeugung von der alleinigen Hemmung durch die eben erwähnte Schwierigkeit hervortreten lassen wird, dann wird es auch nicht mehr an Mitteln fehlen, die letzte zu überwinden. Es ist in der That sehr wahrscheinlich, dass man Punkte auf der Erde finden wird, es sei in der Ebene oder im hohen Gebirge, wo die Ruhe der Luft eben so Regel ist, als bei uns Ausnahme: an diesen Punkten muss man dann die Sternwarten errichten. — Wenn die Beobachtungskraft im Allgemeinen so weit gekommen sein wird,

dass sie über Zehntel einer Secunde eben so sicher entscheidet, als jetzt über die ganze Secunde, dann wird auch die Astronomie selbst wieder einen Fortschritt gemacht haben, welcher eben so gross ist als der zwischen Flamsteed's Zeit und der gegenwärtigen gemachte: dass die Beobachtungen, welche die Veranlassung meiner Mittheilung gewesen sind, die Erreichbarkeit dieses Zieles gezeigt haben, halte ich für den Gewinn, den sie der Wissenschaft liefern.

*Ueber Mass und Gewicht im Allgemeinen
und das Preussische Längenmass im
Besonderen.*

Jahrh. 1840.

Eine Grösse wird durch eine andere gemessen, indem ihr Verhältniss zu dieser bestimmt wird; durch die Angabe dieses Verhältnisses wird die erstere Jedem erschöpfend beschrieben, dem die andere, d. h. das Mass bekannt ist. Diese Beschreibung ist der Zweck des Messens. Jenachdem die Grösse eine Linie, ein Flächenraum, ein Körperraum oder ein Gewicht ist, ist das Mass von anderer Beschaffenheit, nämlich gleichfalls eine Linie, ein Flächenraum, ein Körperraum oder ein Gewicht. Wenn das Uebereinkommen stattfindet, in allen einander ähnlichen Fällen stets ein und dasselbe Mass anzuwenden, werden alle durch einmalige Versinnlichung dieses Masses verständlich; sie werden Jedem verständlich, der im Besitze derselben ist.

Die Einführung eines bestimmten Masses für jeden der vier Fälle des Messens, hat jede gesellschaftliche Verbindung als nothwendig erkannt; auch