Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846) und die Begründung der Fundamentalastronomie : eine Würdigung seiner Arbeiten anlässlich des 150sten Todestages

Autor(en): **Verdun, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **54 (1996)**

Heft 273

PDF erstellt am: **01.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-898118

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Friedrich Wilhelm Bessel (1784 - 1846) und die Begründung der Fundamentalastronomie

Eine Würdigung seiner Arbeiten anlässlich des 150sten Todestages

A. Verdun

Am 17. März jährte sich der 150ste Todestag des grossen Astronomen, Mathematikers und Geodäten Friedrich Wilhelm Bessel. *Zu diesem Anlass sollen seine wissenschaftlichen Leistungen zusammengefasst und gewürdigt werden. Grundlage dazu bilden die kürzlich erschienene* Bessel-*Biographie von K.* Lawrynowicz *[1] sowie der Beitrag von W.* Fricke *in [2]. Die bedeutendsten wissenschaftlichen Arbeiten* Bessels *sind die Entwicklung und Einführung neuer Reduktionsmethoden, die Erstellung des ersten Fundamentalkataloges, die Messung der jährlichen Parallaxe sowie die Entdeckung der Polschwankung. Mit diesen Leistungen begründete* Bessel *die moderne Fundamentalastronomie.*

Zur Vita

Friedrich Wilhelm Bessel wurde am 22. Juli 1784 im deutschen Minden geboren. Dort besuchte er das Gymnasium, das er vorzeitig verliess und 1799 eine Stelle als Kaufmann in einer Handelsfirma in Bremen antrat. Während seiner Lehre erarbeitete er sich in seiner Freizeit alles Wissenswerte, was er zur Ausübung des Berufs eines Handelsreisenden zu benötigen glaubte, unter anderem auch Navigation. Um diese besser verstehen zu können, begann er sich im Selbststudium in die Astronomie und Mathematik zu vertiefen. Erste astronomische Arbeiten und die Bekanntschaft mit Olbers veranlassten ihn 1806, kurz vor seinem Abschluss aus der Lehre auszutreten, um bei Schröter in Lilienthal eine Assistentenstelle anzunehmen, die ihm Olbers verschafft hatte. Bessel veröffentlichte in seiner Lilienthaler Zeit 51 Arbeiten, womit er sich internationale Anerkennung erwarb. 1810 folgte er auf Empfehlung Humboldts einem Ruf nach Königsberg, um dort eine eigene Sternwarte aufzubauen, die er 1813 auch beziehen konnte. Hier heiratete er 1812 Johanna Hagen, die ihm drei Töchter und zwei Söhne schenkte. Bessel rüstete seine Sternwarte mit den vorzüglichsten Instrumenten aus, die er damals erhalten konnte. Mit diesen vollbrachte er seine grossen wissenschaftlichen Leistungen. In Königsberg lebte und arbeitete Bessel 36 Jahre bis zu seinem Tod. Zu seinen besten Freunden zählten sein Förderer Olbers, zu dem er eine väterliche Beziehung hatte, sowie der etwas ältere Gauss, der ihm zum Doktortitel verhalf und letztlich ermöglichte, dass er die Professur in Königsberg annehmen konnte. Die meisten seiner Arbeiten veröffentlichte Bessel im *Astronomischen Jahrbuch* von Bode, in der *Monatlichen Correspondenz* von Zach und in den *Astronomischen Nachrichten* von Schumacher. Die dreibändige Ausgabe der gesammelten Werke Bessels [3] verzeichnet über 400 Arbeiten aus den Gebieten Himmelsmechanik, Sphärische Astronomie und Astrometrie, Theorie der Instrumente, Stellarastronomie bzw. Stellarstatistik, Mathematik, Geodäsie und Geophysik, Physik und Verschiedenes. Neben den nachfolgend vorgestellten Hauptwerken sind besonders die 21 Bände umfassenden *Beobachtungen der Königsberger Sternwarte* sowie seine *Astronomischen Untersuchungen* von 1841/42 zu erwähnen.

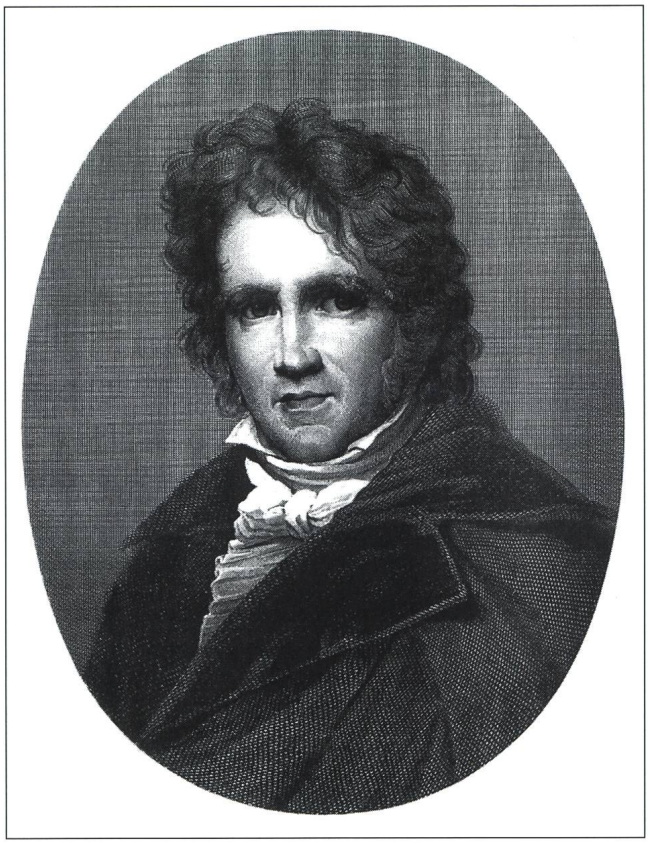


Bild 1: Friedrich Wilhelm Bessel *im Alter von 50 Jahren. Stich von E.* Mandel *nach dem Porträt von 1834 von J.* Wolff *(Aus [3]).*

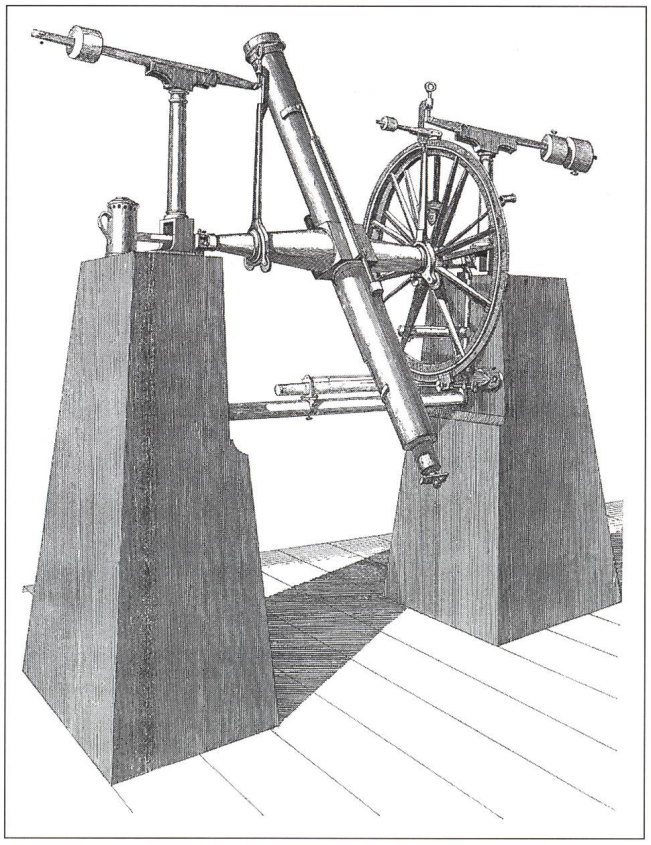
Die Entwicklung neuer Reduktionsmethoden

In den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts bauten Fraunhofer, Reichenbach, Repsold und andere astrometrische Instrumente von grosser Vollkommenheit [4]. So verfügte Bessel 1819 über einen Meridiankreis von Reichenbach-Ertel, 1829 über ein grosses Heliometer von Fraunhofer-Utzschneider und 1841 über einen Meridiankreis von Repsold. Bessel erkannte bald, dass eine Steigerung der Beobachtungsgenauigkeit durch konstruktive Verbesserungen dieser Instrumente vorläufig nicht zu erreichen war. Als erfahrener Beobachter wusste er aber auch, dass selbst bei den besten Instrumenten Messfehler auftreten. Bessel begegnete diesem Problem, indem er sämtlichen Fehlerquellen nachspür-

te und Verfahren entwickelte, wie sie einerseits rechnerisch berücksichtigt und andererseits durch geeignete Beobachtungsmethoden verringert werden konnten. BESSEL hat sich in 25 Arbeiten mit der Theorie der astronomischen Instrumente befasst, was für ihn in erster Linie eine Theorie ihrer Fehler bedeutete. Er entwickelte eine Theorie des von BRADLEY benutzten Mauerquadranten, des Passageinstrumentes, des Meridiankreises sowie des Heliometers. Neben der Berücksichtigung der instrumentellen Fehler versuchte BESSEL sogar die «Unzulänglichkeiten» des Beobachters, die sog. persönliche Gleichung, in Rechnung zu ziehen. Dieses psychophysische Phänomen besteht darin, dass verschiedene Beobachter an ein und demselben Instrument unter gleichen Bedingungen systematisch unterschiedliche Messwerte ablesen. All diese Untersuchungen führten auf eine heute noch geltende Klassifizierung der Beobachtungsfehler, die nach dem Charakter ihres Auftretens in systematische und in zufällige Fehler unterteilt werden. BESSEL wies nach, dass die Verteilung von zufälligen Fehlern in grossen Messreihen einer Normalverteilung entspricht. Zudem führte er die bekannte Formel für die Abschätzung des mittleren quadratischen Fehlers einer gemessenen Grösse in die Fehlerrechnung ein.

Das Heranziehen und Entwickeln mathematischer Methoden zur Lösung astronomischer Probleme war für BESSEL immer von zentraler Bedeutung. Seine mathematischen Arbeiten bringen deutlich zum Ausdruck, dass er stets bestrebt war, Algorithmen zu entwickeln, die für den Praktiker in geeigneten Formeln oder Tafeln darstellbar waren. Die nach ihm benannten Interpolationsformeln und die in der Himmelsmechanik häufig verwendeten Zylinderfunktionen sind nur zwei Beispiele, die illustrieren sollen, wie BESSEL bemüht war, die mathematische Theorie mit der astronomischen Praxis zu verbinden.

Bild 2: Der REICHENBACHsche Meridiankreis von 1819 war zu seiner Zeit eines der vollkommendsten astrometrischen Instrumente. Mit diesem machte BESSEL seine umfangreichen Zonenbeobachtungen, in deren Folge die Zonenkataloge von WEISSE und der Berliner Akademie entstanden. (Aus [4]).

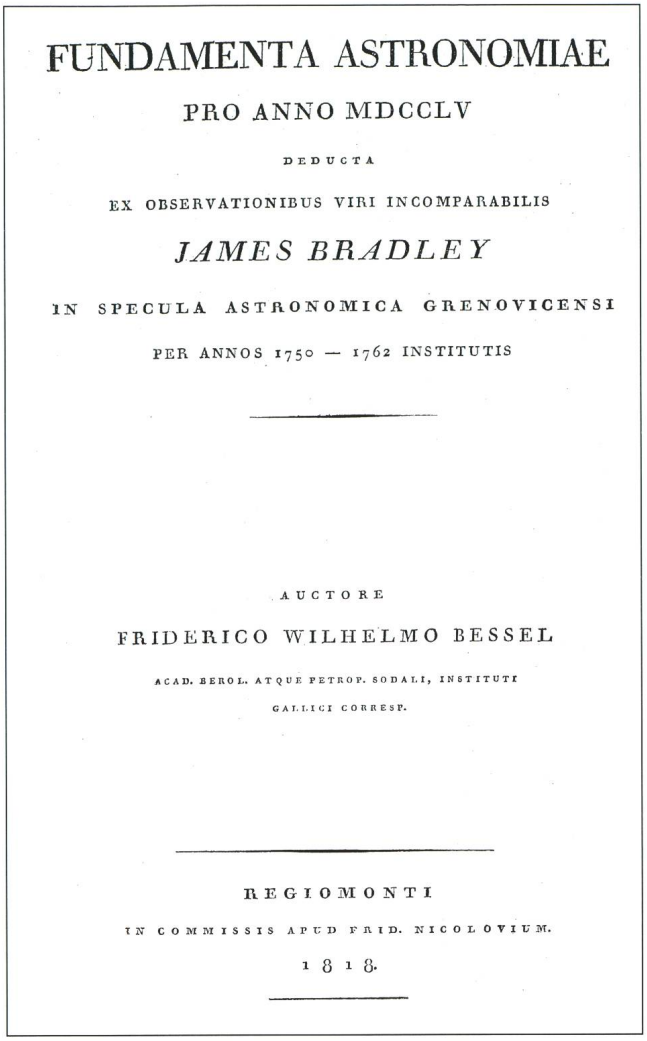


Neben der Theorie der Refraktion war BESSELS theoretischer und praktischer Beitrag zur Reduktion von täglicher und jährlicher Aberration und Parallaxe sowie von Präzession und Nutation so erschöpfend, dass nach ihm dieser Bereich der astronomischen Berechnungen bis heute keine wesentlichen Veränderungen erfahren hat. So werden die BESSELschen Reduktionsformeln mit ihren Koeffizienten, den BESSELschen Tages-Zahlen, noch heute in den Jahrbüchern angegeben.

Die Erstellung des ersten Fundamentalkataloges

Einer der grössten Verdienste BESSELS besteht darin, dass er die fundamentale Bedeutung hochpräziser Sternkataloge für die künftige Entwicklung der Positionsastronomie klar erkannte und sich über 35 Jahre seines Lebens der Erstellung solcher Kataloge widmete. Hierbei war er bestrebt, nicht nur die Genauigkeit wesentlich zu erhöhen, sondern setzte sich - erstmalig in der Geschichte der Astronomie - auch zum Ziel, ein hochpräzises Fundamentalsystem der Sternörter durch Synthese einiger Kataloge (von BRADLEY, LALANDE, PIAZZI, BESSEL) mit Beobachtungen aus verschiedenen Epochen zu erstellen.

Die erste, höchst bedeutsame Arbeit von BESSEL, die den Beginn der modernen Astrometrie markierte und eine ausserordentlich wichtige Rolle in der Entwicklung der Stellarastronomie des 19. Jahrhunderts spielte, ist die 1818 erschienene *Fundamenta Astronomiae*. Ihr liegen die Beobachtungen von BRADLEY zugrunde, die jener zwischen 1750 und 1762 in Greenwich anstellte. BESSEL begann 1807 mit der Bearbeitung und Reduktion dieser Beobachtungen mit dem Hauptziel, einen möglichst genauen Sternkatalog für das Äquinoktium von 1755 zu erstellen und damit die Theorie der Refraktion, Präzession, Nutation und Aberration zu vertiefen. Ausserdem konnte er durch Vergleich der Sternörter für den Zeitabschnitt des Kataloges mit den Örtern am Anfang des 19. Jahrhunderts zuverlässige Daten über die Eigenbewegung der Sterne ermitteln. In den *Fundamenta Astronomiae* legte BESSEL die Basis für seine Reduktionstheorie. Er erstellte Refraktions-, Aberrations- und Nutationstafeln für die Reduktion der scheinbaren Sternpositionen und arbeitete Methoden zur Berücksichtigung der jährlichen Parallaxe sowie der Präzession aus. Frucht dieser Arbeit war ein Katalog von 3222 Sternpositionen, deren mittlere Fehler ±0.16 Zeitsekunden in Rektaszension und ±1".3 in Deklination betrug. Unter der Voraussetzung, dass die Richtungen der Eigenbewegungen der Sterne zufällig verteilt und ihre algebraische Summe für eine hinreichend grosse Anzahl von Sternen in einem gegebenen Bereich der Himmelskugel gleich Null sei, bestimmte BESSEL mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate die Lunisolarpräzession für 1750 zu 50".34 in Länge sowie die allgemeine Präzession, d.h. Lunisolarpräzession einschliesslich der planetaren Präzession, zu 50".18. Dies war die erste nach modernen statistischen Methoden gewonnene Bestimmung der Präzessionskonstanten. Die *Fundamenta Astronomiae* wurde einer der Eckpfeiler für die Astronomie des 19. Jahrhunderts und gleichzeitig der Ausgangspunkt für genaue und zuverlässige Messungen. Der BRADLEY-BESSEL-Katalog wurde noch lange zur Erstellung weiterer Sternkataloge herangezogen.



FUNDAMENTA ASTRONOMIAE

PRO ANNO MDCCLV

DEDUCTA

EX OBSERVATIONIBUS VIRI INCOMPARABILIS

JAMES BRADLEY

IN SPECULA ASTRONOMICA GRENOVICENSI

PER ANNOS 1750 — 1762 INSTITUTIS

AUCTORE

FRIDERICO WILHELMO BESSEL

ACAD. BEROL. ATQUE PETROP. SODALI, INSTITUTI

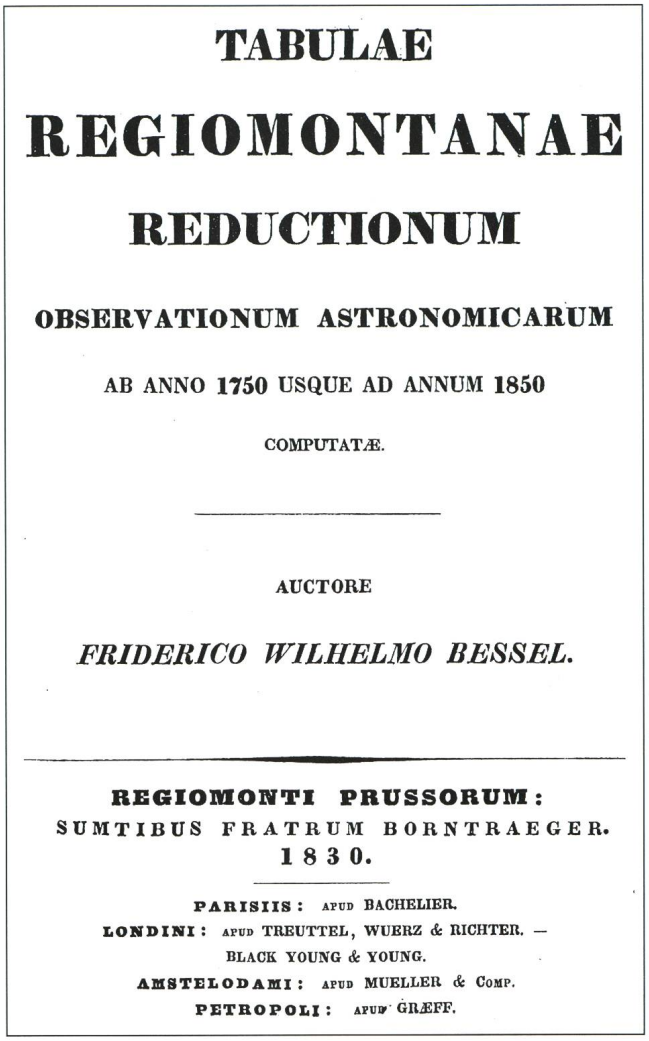
GALLICI CORRESP.

REGIOMONTI

IN COMMISSIS APUD FRID. NICOLOVIUM.

1818.

Bild 3: Titelblatt der 1818 veröffentlichten Fundamenta Astronomiae, *in welcher* Bessel *aufgrund der von* Bradley *zwischen 1750 und 1762 angestellten Beobachtungen und mit Hilfe seiner Reduktionstheorie die Positionen und Eigenbewegungen von 3222 Sternen für das Äquinoktium 1755 sowie mittels moderner statistischer Methoden präzise Werte für die Präzessionskonstanten darbieten konnte.*



TABULAE

REGIOMONTANAE

REDUCTIONUM

OBSERVATIONUM ASTRONOMICARUM

AB ANNO 1750 USQUE AD ANNUM 1850

COMPUTATÆ.

AUCTORE

FRIDERICO WILHELMO BESSEL.

REGIOMONTI PRUSSORUM:

SUMTIBUS FRATRUM BORNTRAEGER.

1830.

PARISIIS: APUD BACHELIER.

LONDINI: APUD TREUTTEL, WUERZ & RICHTER. — BLACK YOUNG & YOUNG.

AMSTELODAMI: APUD MUELLER & COMP.

PETROPOLI: APUD GRÆFF.

Bild 4: Titelblatt der von Bessel *1830 veröffentlichten* Tabulae Regiomontanae *(Königsberger Tafeln), dem ersten Fundamentalkatalog in der Geschichte der Astronomie. Er enthält die hochpräzisen Koordinaten und Eigenbewegungen von 38 Sternen, deren Positionen auf absoluten Messungen beruhen und das inertiale äquatoriale Bezugssystem repräsentieren. Im ersten Teil dieser Tafeln sind in komprimierter Form* Bessels *Theorie der Präzession, Nutation, Aberration und der Eigenbewegung der Sterne dargelegt.*

Zusammen mit Bessels späteren Katalogen bildeten die *Fundamenta Astronomiae* die Basis des ersten Fundamentalkatalogs der Astronomie, den 1830 von Bessel veröffentlichten *Tabulae Regiomontanae.* Den Fundamentalkatalogen kommt in der Astronomie eine besondere Bedeutung zu: Sie liefern das grundlegende, inertiale Äquatorialsystem, d.h. die wahrscheinlichsten Werte der Rektaszensionen, Deklinationen und Eigenbewegungen von mehreren Sternen mit dem zur Epoche gültigen Wert der Präzessionskonstanten. Das Fundamentalsystem wurde, zusammen mit neuen Werten für die astronomischen Konstanten, aus etlichen Katalogen, in denen die Koordinaten der Sterne in der Regel aus absoluten Positionsmessungen bestimmt wurden, in mühsamer Rechenarbeit hergeleitet. Bessels *Tabulae Regiomontanae* enthalten deshalb nur 38 helle Sterne 1. und 2. Grösse, die vom Himmelsäquator nicht weiter als 40° entfernt sind (sog. Maskelyne-Sterne und zwei polnahe Sterne). Mit Hilfe der Beobachtungen der Maskelyne-Sterne und der Sonne bestimmte Bessel die Position des Frühlingspunktes mit einer Genauigkeit von 0.01 Sekunden. Als Ausgangskataloge für die Herleitung des Fundamentalsystems benutzte Bessel die *Fundamenta Astronomiae* sowie zwei Kataloge, die er aufgrund von Beobachtungen in Königsberg 1815 und 1825 erstellt hatte. Somit betrug die Zeitbasis der Ausgangskataloge 70 Jahre, was Bessel die Möglichkeit gab, die mittleren und scheinbaren Sternpositionen von 1750 bis 1850 sowie die Eigenbewegungen der Sterne hinreichend zuverlässig zu bestimmen. In den Königsberger Tafeln erhielt Bessels Reduktionstheorie mit ihrem eleganten algorithmischen Teil, deren Ursprung in den *Fundamenta Astronomiae* liegt, ihre endgültige, ausgefeilte Form. Sie fand dank ihrer Einfachheit und Klarheit schnell allgemeine Anwendung und ist im wesentlichen bis heute unverändert geblieben.

Während der Beobachtung der MASKELYNE-Sterne Sirius und Procyon entdeckte BESSEL Veränderungen in ihrer Eigenbewegung und schloss daraus, dass diese Sterne unsichtbare Begleiter haben müssen.

BESSELS umfangreichste Arbeit bildete das Programm der Zonenbeobachtungen von 1821-1833, die zum Ziele hatten, den Himmel systematisch zu beobachten und einen Sternkatalog zu erstellen, der die Positionen aller Sterne bis zur 9. Grösse im Deklinationsbereich -15° bis + 45° enthalten sollte. In diesen 12 Jahren machte er in insgesamt 536 Zonen die ungeheure Anzahl von 75011 Beobachtungen. Das Resultat dieser systematischen Positionsbeobachtungen sind die *Zonenkataloge,* der Zonenkatalog von WEISSE sowie die *Berliner akademischen Sternkarten*. BESSELS Schüler ARGELANDER entwickelte die Idee, Kataloge aller Sterne bis zu einer bestimmten Grösse zu erstellen, weiter und veröffentlichte in den Jahren 1859 - 1862 einen Katalog von 324198 Sternen für die Epoche 1855, die berühmte *Bonner Durchmusterung*.

Bild 5: Umschlagtitel von Blatt 23 (Zone 22 Uhr) der Akademischen Sternkarten, *die nach BESSELS Vorschlägen von verschiedenen Astronomen entworfen und von der Berliner Akademie in den Jahren 1828 bis 1859 herausgegeben wurden. Die 24 Zonen umfassenden Sternkarten verzeichnen alle Sterne bis zur 9.5 Grösse zwischen -15° und +15° Deklination, deren Positionen auf das Äquinoktiom 1800 reduziert wurden. Die abgebildete Zone 22 wurde 1832 veröffentlicht und vom BESSEL-Schüler ARGELANDER, der später die berühmte* Bonner Durchmusterung *herausgab, bearbeitet.*

Verzeichnifs

der

von BRADLEY, PIAZZI, LALANDE und BESSEL

beobachteten Sterne,

in dem Theile des Himmels zwischen 21ʰ 56′ bis 23ʰ 4′ gerader Aufsteigung, und 15° südlicher bis 15° nördlicher Abweichung.

berechnet und auf 1800 reducirt

von

Herrn Professor *Fr. Argelander* in Åbo.

Auf Veranlassung der Königl. Akademie der Wissenschaften in Berlin.

Akademische Sternkarten.

Zone XXII. Uhr.

Blatt 23.

Berlin.

Gedruckt in der Druckerei der Königlichen Akademie der Wissenschaften.

1832.

In Commission bei F. Dümmler.

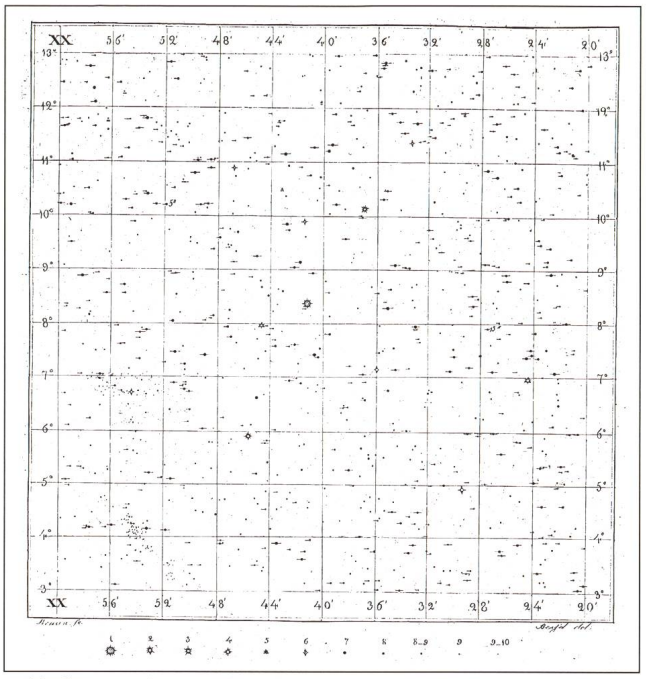


Bild 6: Das dem Vorbericht zu den Akademischen Sternkarten beigefügte Probeblatt, gültig für den Rektaszensionsbereich zwischen 19h 20m bis 20 h sowie dem Deklinationsbereich +3° bis +13°. Die von BESSEL vorgeschlagenen Symbole für die nur mit dem Fernrohr sichtbaren Sterne (Punkte) geben an, ob sie nach dem Augenmass eingezeichnet (kein Strich), einmal beobachtet (ein Strich) oder mehrmals beobachtet wurden (zwei Striche).

Die Messung der jährlichen Parallaxe

Die erste sichere Messung der jährlichen Parallaxe stellt einer der grössten Erfolge BESSELS dar und gilt als einer der wichtigsten Schritte in der Geschichte der Astronomie überhaupt. Die Bedeutung wird ersichtlich, wenn man sich vergegenwärtigt, dass sämtliche Entfernungsbestimmungen und somit die Kenntnis der räumlichen Struktur des Universums letztlich auf der Messung trigonometrischer Parallaxen beruhen, denn die kosmische Entfernungsskala wird anhand der jährlichen Parallaxe geeicht.

Die glückliche Kombination dreier Umstände bestimmten massgebend den Erfolg BESSELS bei der Lösung des Parallaxenproblems: persönliche, instrumentelle und methodologische. Zum ersten sind das Können und die Erfahrung, der unermüdliche Arbeitseifer sowie eine hervorragende Intuition BESSELS zu erwähnen. Zum zweiten dürfte das ausgezeichnete FRAUNHOFERsche Heliometer die erreichbare technische Leistungsfähigkeit der damaligen Zeit voll ausgeschöpft haben. Zum dritten müssen die Wahl des Sternes, dessen Parallaxe gemessen werden sollte, sowie die verwendete Messmethode schliesslich als entscheidend betrachtet werden.

Im September 1834 begann BESSEL mit parallaktischen Probebeobachtungen und 1837 mit systematischen Parallaxenmessungen. BESSEL wusste, dass der Erfolg um so wahrscheinlicher sein musste, je näher der zu untersuchende Stern sein würde. Absolut zuverlässige Kriterien bezüglich der Sternentfernung gab es damals nicht und BESSEL musste sich bei der Auswahl von indirekten Erwägungen leiten lassen. Der Stern 61 Cygni erwies sich dank seines physischen Doppelsterncharakters als besonders geeignet für die Messungen mit dem Heliometer. Er beschloss, die Abstände nicht der Komponenten

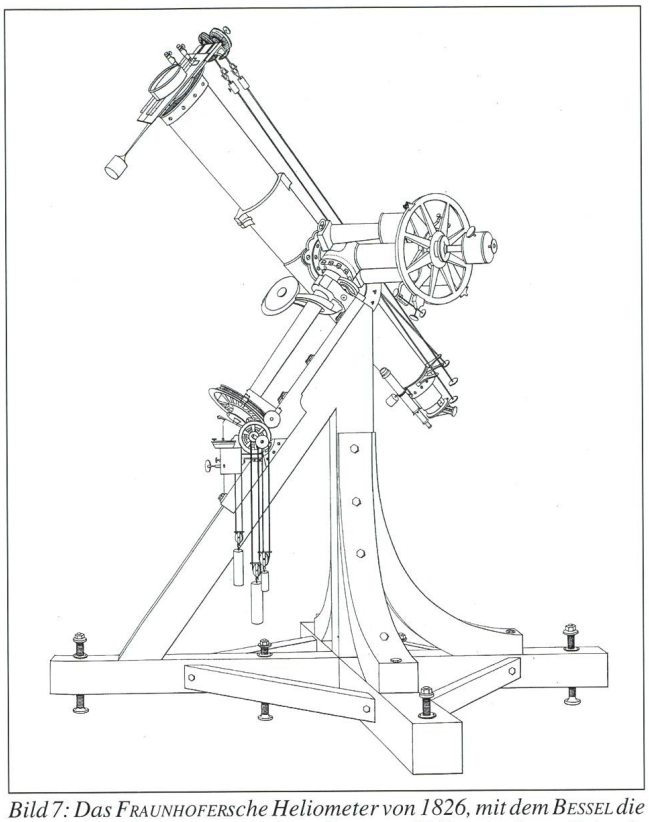


Bild 7: Das FRAUNHOFER*sche Heliometer von 1826, mit dem* BESSEL *die erste sichere Bestimmung der Parallaxe von 61 Cygni gelang. Es ist ein äquatorial montierter Refraktor mit einem zweigeteilten Objektiv von 15.8 cm Durchmesser und einer Brennweite von 260 cm. Die Schraubenköpfe zur Verschiebung der Objektivhälften und zur Positionsdrehung des Rohres waren mit Teilungen versehen, die auf tausendstel Umdrehungen abgelesen werden konnten, was 0".05 des zu messenden Winkelabstandes entsprach. (Aus [3]).*

dieses Doppelsterns selbst, sondern ihres Mittelpunktes von den Anschlusssternen zu messen, da er zu Recht annahm, dass man durch eine Verschiebung der Halblinsen des Objektives die Bilder des Vergleichssterns mit grösserer Genauigkeit auf die Mitte des engen Abstandes zwischen den Komponenten eines Doppelsterns bringen konnte als die, die erforderlich war, um die Bilder von zwei Sternen zur Deckung zu bringen. Aus Beobachtungen von 1690 bis 1813 von sechs Astronomen schätzte BESSEL die Umlaufperiode der beiden Komponenten von 61 Cygni auf 350 Jahre und wies damit nach, dass dieser Doppelstern tatsächlich ein physischer und kein optischer ist.

BESSEL führte vom 16. August 1837 bis zum 2. Oktober 1838 eine erste, eine volle Jahresperiode umfassende, Beobachtungsreihe durch. Nach den Beobachtungsergebnissen stellte er 183 Bedingungsgleichungen auf, die er nach der Methode der kleinsten Quadrate für jede Komponente löste und folgende Werte für deren Parallaxe erhielt: 0".3690 ±0".0283 für die erste und 0".2605 ±0".0278 für die zweite Komponente. 1840 verfügte BESSEL über 402 Beobachtungen und bestimmte daraus eine Parallaxe von 0".3483 ±0".0095. Obwohl STRUVE und HENDERSON gleichzeitig mit BESSEL Parallaxenmessungen durchführten, wies keine dieser Messungen den hohen Zuverlässigkeitsgrad auf wie jene BESSELS. Dies dürfte der Grund sein, warum man allgemein BESSEL die Priorität der ersten Parallaxenbestimmung zuschreibt.

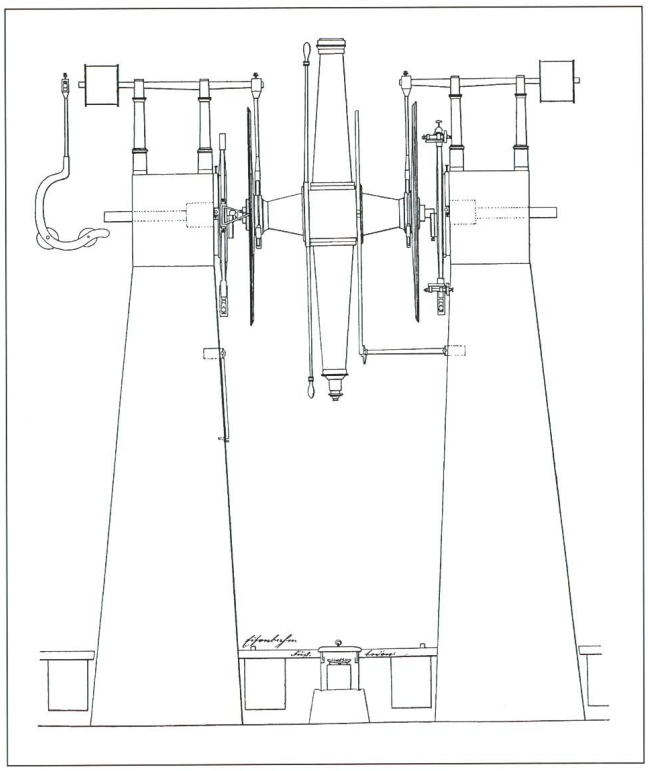
Die Entdeckung der Polschwankung

Hinsichtlich der Anzahl der Arbeiten innerhalb des gesamten wissenschaftlichen Nachlasses nimmt bei BESSEL die Geodäsie hinter der Astronomie den zweiten Platz ein. Zu diesen Arbeiten gehören einerseits Probleme zur Theorie der geodätischen Messungen und andererseits praktische Gradmessungen und Landvermessungen.

BESSEL erforschte die Länge des Sekundenpendels für die Verwendung gravimetrischer Methoden, analysierte die Idee zur Schaffung eines Urlängenmasses und entwickelte ein neues mathematisches Modell zur Beschreibung der Figur der Erde. Zu seiner Zeit war das BESSEL-Ellipsoid das genaueste Modell der Figur der Erde und ist als erste Näherung heute noch gültig.

Die mathematische Behandlung der Rotation der Erde war bisher geschehen unter der Voraussetzung, dass die Erde ein homogenes, starres Rotationsellipsoid ist; in dieser Form geht das Problem auf EULER zurück, der die nach ihm benannten Differentialgleichungen integrierte. EULER zeigte, dass eine freie Nutation, die sog. Polschwankung, existieren muss und bestimmte ihre Periode zu 305 Tagen. Unter etwas abweichenden Voraussetzungen versuchte BESSEL 1820, die EULERsche Nutation mit dem REICHENBACHschen Meridiankreis der Königsberger Sternwarte nachzuweisen. Indem er die Azimute des Meridiankreises einer Ausgleichung unterwarf, erhielt er für den Winkel zwischen momentaner Rotationsachse und Figurenachse der Erde den Wert 0".110 ±0".136. Da aus diesem Resultat, wenn überhaupt, nur eine geringfügige Änderung der Polhöhe folgen würde, schien BESSEL die Sache vorerst als abgetan gehalten zu haben. In einem Brief an HUMBOLDT vom 1. Juli 1844 schrieb er jedoch: «*Ich schreibe*

Bild 8: Der REPSOLD*sche Meridiankreis von 1841. Beobachtungen an diesem Instrument führten* BESSEL *auf die Vermutung über die Veränderlichkeit der Polhöhe. (Aus [4]).*



Ihnen etwas, das noch unreif ist. Ich habe Verdacht gegen die Unveränderlichkeit der Polhöhe. Meine sehr schön untereinander stimmenden Beobachtungen mit dem neuen Kreise verkleinern die Polhöhe fortwährend, vom Frühling 1842 bis jetzt zwar nur um 0».3, aber selbst diese Kleinigkeit scheint mir nicht ein Beobachtungsfehler zu sein; denn nach meiner jetzigen Beobachtungsart wird alles eliminirt was constanten Einfluss auf die Mittel der einzelnen Sätze haben könnte. Ich denke dabei an innere Veränderungen des Erdkörpers, welche Einfluss auf die Richtung der Schwere erlangen». Der definitive Nachweis der Polschwankung gelang erst KÜSTNER 1884/5 [5].

Epilog

BESSEL hat die praktische Astronomie grundlegend reformiert. Vom Durchdenken der Konstruktion einzelner Instrumente und der Berücksichtigung ihrer Fehlerquellen bis zur Reduktion von Beobachtungen und dem Erstellen eines Sternkataloges: die Methoden und Theorien sind durch ihn grundlegend überarbeitet oder überhaupt erst geschaffen worden. Zudem erkannte er, wie enorm wichtig es ist, über lange Beobachtungsreihen zu verfügen. Eines der Ergebnisse dieser Reform war die Erhöhung der Genauigkeit in der Bestimmung der Sternkoordinaten um eine Grössenordnung, was für die nachfolgenden Entwicklungen in Himmelsmechanik und Stellarastronomie von entscheidender Wichtigkeit war. BESSELS Beitrag zur Wissenschaft kann aus zwei untrennbar miteinander verbundenen Teilen bestehend zusammengefasst werden: aus dem, *was* er gemacht, und aus dem, *wie* er es gemacht hat. Ohne das Zweite konnte das Erste nicht sein: Ohne den virtuosen Beobachter BESSEL, der alle Feinheiten seines Instrumentes gründlich kannte, und ohne den einfallsreichen Mathematiker und Algorithmiker BESSEL konnte es den BESSEL jener wissenschaftlichen Leistungen nicht geben, der die moderne Fundamentalastronomie begründete.

Die Beobachtungs- und Auswertemethoden sowie die Instrumente und Detektoren haben sich seither geändert: Anstelle des Auges werden heute CCD-Detektoren, anstelle von Papier und Bleistift Hochleistungs-Computer eingesetzt. Die traditionelle Geodäsie wurde durch die Satellitengeodäsie abgelöst. Eine der wichtigsten Zielsetzungen der Fundamentalastronomie ist jedoch geblieben: Die Bestimmung eines erd- und raumfesten Bezugssystems und ihre Beziehung zueinander. Mit Hilfe des Global Positioning System (GPS), dem Satellite Laser Ranging (SLR) sowie der CCD-Astrometrie wird heute versucht, dieses Ziel zu erreichen.

Literatur:

[1] LAWRYNOWICZ, K.: *Friedrich Wilhelm Bessel 1784 - 1846. Vita Mathematica*, VM 9, Birkhäuser Verlag, Basel, 1995.

[2] GILLISPIE, C. C.: *Dictionary of Scientific Biography*. New York, 1970. Vol. 2, pp. 97-102.

[3] ENGELMANN, R.: *Abhandlungen von Friedrich Wilhelm Bessel*. 3 Vols., Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1875-76.

[4] REPSOLD, J.A.: *Zur Geschichte der astronomischen Messwerkzeuge*. 2 Vols., Verlag von Wilhelm Engelmann, Verlag von Emmanuel Reinicke, Leipzig, 1908-1914.

[5] PRZYBYLLOK, E.: *Polhöhen-Schwankungen. Sammlung Vieweg*, Heft 11, Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1914, p. 8.

ANDREAS VERDUN
Astronomisches Institut der Universität Bern
Sidlerstrasse 5, CH-3012 Bern