Zum 150. Todestag von Friedrich Wilhelm Bessel

Während heute weite Gebiete der Astronomie von der Physik beherrscht werden, so war bis nach Bessels Zeiten die Wissenschaft von den Sternen zum großen Teil eine Domäne der angewandten Mathematik. Es kann daher kaum verwundern, wenn bekannte Astronomen auch versierte Mathematiker gewesen sind - man denke zum Beispiel an Johannes Kepler (1571-1630), Wilhelm Schickard (1592-1632), Pierre Simon Laplace (1747-1827) oder Carl Friedrich Gauß (1777-1855). Ebenso war Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846) nicht nur einer der bedeutendsten Astronomen, sondern er hat auch auf mathematischem Gebiet herausragende Ergebnisse hinterlassen, die noch heute zum Lehrstoff eines Mathematikstudiums gehören.

So hat er die Lösung einer nach ihm benannten Klasse von Differentialgleichungen mit variablen Koeffizienten untersucht, welche in der mathematischen Physik eine wichtige Rolle spielen:

$$x^2y'' + xy' + \left(x^2 - n^2\right)y = 0;$$

man erhält diese, wenn man die Schwingungen einer am Rand eingespannten Membran untersucht und in der daraus resultierenden partiellen Differentialgleichung einen Separationsansatz (Trennung von Zeit- und Ortsvariablen) vornimmt. Bessel gab die Lösung in Form von immer konvergierenden Potenzreihen $J_n(x)$ an (Bessel-Funktion n-ter Ordnung), er untersuchte deren Eigenschaften, gab Rekursionsformeln für $J_n(x)$ an und lieferte damit einen wesentlichen Beitrag zur Theorie der Zylinderfunktionen. Er hat auch 10stellige Tafeln von J_0 und J_1 erstellt, als er diese für astronomische Berechnungen von planetarischen Störungen benötigte. Den Namen "Bessel-Funktionen" erhielten die $J_n(x)$ ($n = 0, \pm1, \pm2, ...$) 1857 auf Vorschlag von Oscar Xaver Schlömilch (1823-1901).

Bei seinen astronomischen Forschungen fand Bessel heraus, daß die faktische Verteilung von zufälligen Fehlern in großen Beobachtungsreihen der Normalverteilung entspricht. Er führte auch die bekannte Formel

$$m = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} d_i^{\,2}}$$

für die Abschätzung des mittleren quadratischen Fehlers m einer gemessenen Größe in die mathematische Praxis ein (d_i = Abweichungen vom arithmetischen Mittel der gemessenen Größe bei n Messungen).

Bis heute wird auch die Besselsche Interpolationsformel in der Numerik angewendet, die gegenüber anderen Interpolationsformeln spezielle strukturelle Vorzüge besitzt.

Im ersten Heft des "Königsberger Archivs" (1812) hat Bessel die Ergebnisse seiner Untersuchungen zum Integrallogarithmus

$$\int \frac{dx}{\ln x}$$

veröffentlicht, für den er eine Potenzreihe fand, die auch für große Argumentwerte gilt. Dadurch gelang es ihm, siebenstellige Tafeln für die Integralwerte anzufertigen, die er brieflich an C. F. Gauß sandte, der erfreut großes Lob spendete.

Bemerkenswert ist auch die von Bessel gefundene optimale Darstellung einer Funktion durch ein trigonometrisches Polynom n-ten Grades; bei dieser Darstellung ändern sich die für gegebenes n bereits berechneten Koeffizienten mit dem Hinzufügen neuer Summanden nicht mehr, d.h. man kann die Genauigkeit der Approximation beliebig dadurch erhöhen, daß man zu den berechneten Gliedern neue hinzufügt.

All diese mathematischen Untersuchungen sind um so erstaunlicher, als Bessel während seiner Ausbildungszeit höhere Mathematik lediglich autodidaktisch betrieben hatte. In Minden geboren, besuchte er dort das Gymnasium, das er mit Einwilligung seines Vaters nach der dritten Klasse verließ, um zu Hause völlig selbständig die Fächer zu erlernen, für die er sich interessierte (Mathematik, Geografie, Deutsch und Französisch).

1799 kam Bessel für sieben Jahre nach Bremen in die Lehre als Handelskaufmann. Nebenher besuchte er dort

die Navigationsschule, um hauptsächlich den astronomischen Teil der Nautik und die mathematische Geographie zu erlernen. Allmählich erwachte sein Interesse für die Astronomie; die ersten Meßinstrumente (Sextant etc.) baute er sich selbst und begann 1803 mit eigenen astronomischen Beobachtungen. Bereits 1804, also im 20. Lebensjahr, verfaßte er seine erste wissenschaftliche Arbeit und berechnete die Umlaufbahn des Halleyschen Kometen vom Jahre 1607. Die Berechnungen umfassen 330 Manuskriptseiten und zeigen, welche ungewöhnlichen mathematischen Fertigkeiten sich Bessel angeeignet hatte. Er legte diese Arbeit dem damals besten Kometenfachmann Deutschlands vor, dem bekannten Arzt und Astronom Heinrich Wilhelm Olbers, der ebenfalls in Bremen wirkte. Olbers war überrascht von Bessels „ungemeinen mathematischen und astronomischen Kenntnissen und der ausgezeichneten Geschicklichkeit in den schwersten Teilen des Calculs“ und schlug sofort die Veröffentlichung vor, welche noch Ende 1804 erfolgte. Diese Publikation beeindruckte den 27jährigen C. F. Gauß derart, daß er Bessel um Unterstützung bei der „Berechnung des geozentrischen Laufs drei neuer Planeten“ bat. Der daraus entstandene Briefwechsel zwischen Gauß und Bessel überdauerte 40 Jahre!

Bessel durfte ab sofort die Instrumente von Olbers' Privatsternwarte mit benutzen und führte nun regelmäßig astronomische Beobachtungen durch. Er war entschlossen, sich künftig nur noch der Astronomie zu widmen. Im Jahre 1806 beendete er seine kaufmännische Ausbildung und nahm durch Olbers' Vermittlung die Stelle eines Observators im benachbarten Lilienthal an der Privatsternwarte von Johann Hieronymus Schröter ein - diese war damals eine der besten Sternwarten Europas. Hier blieb Bessel vier Jahre lang und veröffentlichte in dieser Zeit 51 wissenschaftliche Arbeiten! Dadurch wurde er in Fachkreisen schnell bekannt und erhielt mehrere Stellenangebote, u. a. einen Ruf als Professor nach Leipzig, ebenso nach Greifswald und Düsseldorf.

Wilhelm von Humboldt, seinerzeit preußischer Staatsminister für Kultur und Unterrichtswesen, veranlaßten die Leistungen Bessels, im Jahre 1810 dessen Berufung zum Professor für Astronomie an die Königsberger Albertus-Universität und zum Direktor der dort zu errichtenden Universitätssternwarte zu betreiben. Bessel sagte zu und blieb bis an sein Lebensende 1846 in Königsberg. Im Jahre 1811 wurde ihm noch auf Anregung von Olbers und Gauß in einem besonderen Promotionsverfahren von der Universität Göttingen der Doktorgrad verliehen.

Im Jahre 1812 heiratete Bessel die Tochter des Königsberger Chemie- und Pharmazieprofessors Karl Gottfried Hagen; aus der überaus glücklichen Ehe gingen zwei Söhne und drei Töchter hervor, doch haben seine Söhne ihn nicht überlebt.

Bessels Wirken in Königsberg bestand aus regelmäßigen Vorlesungen und intensiver, fruchtbarer Forschungsarbeit. Die Astronomie stand damals vor bedeutenden Aufgaben: Bestimmung der wahren Gestalt der Erde zum Zwecke einer exakten Kartierung, exakte Messung der Zeit, Nachprüfung der (damals keineswegs allgemein anerkannten) Newtonschen Gravitationsgesetze mit Hilfe von astronomischen Beobachtungen hoher Genauigkeit. (Newton hatte ja keine Antwort auf die Fragen geben können, welcherart die Natur der Gravitation ist, wie sie durchs Vakuum geleitet wird, warum träge und schwere Masse äquivalent sind u.a.m.)

Bessel widmete sich daher zuerst der exakten Positionsastronomie, um ein zuverlässiges „Himmels-Koordinatensystem“ zur Verfügung zu stellen. So hat er in jahrelanger Beobachtungs- und Rechenarbeit die Örter von 32.000 Sternen bestimmt und wurde damit zum Urheber der sogenannten Akademischen Sternkarten und zum Schöpfer der hochpräzisen Astrometrie. Er entwickelte Ideen zur Konstruktionsvervollkommnung astronomischer Instrumente und schuf eine Theorie der instrumentellen und persönlichen Beobachtungsfehler, er lieferte grundlegende Arbeiten zur Definition astronomischer und geodätischer Fundamentalgrößen. Zur Vorausberechnung des Beginns einer Sonnenfinsternis für einen vorgegebenen Punkt der Erde erarbeitete er eine allgemeine Methode, die 1842 veröffentlicht wurde und bis heute in der Astronomie benutzt wird.

Auf Anregung der Berliner Akademie bestimmte Bessel die Länge des Sekundenpendels und schuf damit die Grundlagen für ein neues Naturmaß. Er entdeckte die Polhöhenschwankung der Erde und wies eine periodische Lageänderung der Erd-Rotationsachse nach. Seine geodätische Gipfelleistung war die für seine Zeit genaueste Bestimmung eines mathematischen Modells der Gestalt der Erde, das in der Geodäsie seither als Bessel-Ellipsoid bezeichnet wird. Außerdem bescherte er der Wissenschaft die Lösung des Problems der jährlichen parallaktischen Bewegung der Sterne. Seine Arbeiten wurden von der Pariser und der Berliner Akademie preisgekrönt. Indem Bessel 1838 mit Hilfe eines Fraunhoferschen Heliometers die Parallaxe eines Fixsterns (des 61. Sterns im Sternbild Schwan) berechnet hat, war er damit der erste, der eine kosmische Entfernung (10,28 Lichtjahre) jenseits der Grenzen unseres Sonnensystems mit bewundernswerter Genauigkeit bestimmt hat.

Für dieses fundamentale Resultat benötigte Bessel 99 Beobachtungsnächte (verteilt über ein reichliches Jahr); gemäß den Beobachtungsergebnissen stellte er 183 Bedingungsgleichungen auf, die er nach der Methode der kleinsten Quadrate löste!

Bessel hat für seine hohen wissenschaftlichen Verdienste zahlreiche Würdigungen erfahren: Er war Träger des preußischen Roter-Adler-Ordens mit Stern, des

Pour le mérite, des russischen Stanislav-Ordens und des schwedischen Polarsterns sowie mehrerer wissenschaftlicher Preise und trug den Titel eines Geheimrates. Er war gewähltes Mitglied der Akademien u. a. von Berlin, Boston, Palermo, Paris, Petersburg, Stockholm sowie mehrerer in- und ausländischer wissenschaftlicher Gesellschaften.

Bessel starb am 17. März 1846 und wurde 100 Meter nordwestlich des Meridiansaales „seiner“ Sternwarte, auf dem angrenzenden Neuroßgärter Friedhof beigesetzt. Ein Jahr nach seinem Tod wurde sein Porträt neben denen von Olbers, Gauß, A. von Humboldt und Carl Gustav J. Jacobi (der ebenfalls an der Königsberger Albertina wirkte) in der Sternwarte angebracht. Er hat die astronomische Meßkunst zu einer Vollkommenheit geführt, die mit den damaligen technischen und theoretischen Mitteln nicht mehr zu verbessern war.

Klaus Biener

Literatur:

Wattenberg, D.: Vom Kaufmannslehrling zum Astronomen - Friedrich Wilhelm Bessel. Archenhold-Sternwarte Berlin, 1959
Lawrynowicz, K.: Friedrich Wilhelm Bessel. Birkhäuser Verlag, 1995