Die „Maschine von Bohnenberger“ und das wissenschaftliche Werk ihres Urhebers

A. Trierenberg, J. F. Wagner

ALLGEMEINE VERMESSUNGS-NACHRICHTEN

Dieser Beitrag wurde nach Begutachtung als PEER REVIEWED PAPER angenommen.
Tag der Einreichung: 06. August 2007

J.G.F. Bohnenberger (1765–1831) war Professor für Mathematik und Astronomie an der Universität Tübingen sowie wissenschaftlicher Leiter der Vermessung Württembergs. Neben den Grundlagen der Geodäsie befasste er sich auch mit der Konstruktion physikalischer Apparate. Die „Maschine von Bohnenberger“ gilt als Vorläufer von Foucaults um 1852 entwickelten „Gyroskop“. Über die historischen Hintergründe hierzu gibt es bisher nur wenige Quellen. Ziel dieses Artikels ist es, neue Informationen vorzustellen und geschichtliche Zusammenhänge zu Bohnenbergers „Maschine“ zu beleuchten.

J.G.F. Bohnenberger (1765–1831) was a professor for mathematics and astronomy at the University of Tuebingen as well as the scientific head of the Wuerttemberg land surveying project. Apart from his work on the fundamental principles of geodesy, he also occupied himself with the design of physical instruments. „Bohnenberger's Machine“ is regarded as the precursor of the gyroscope which was developed by Foucault around 1852. However, there are hardly any sources on its historical background. It is the aim of this article to both present new information and shed light on the historical connections of „Bohnenberger's Machine“.

J.G.F. Bohnenberger (1765–1831) était professeur de mathématique et d'astronomie à l'Université de Tübingen et le directeur scientifique d'arpentage topographique du Wurtemberg. À part de son travail aux principes de la géodésie il s'occupait aussi de la construction des appareils physiques. «L'appareil de Bohnenberger» est réputé pour précurseur du gyroscope développé par Foucault vers 1852. Pourtant, il y a peu de sources de la situation historique jusqu'à présent. L'objet de cet article est aussi bien de présenter des informations nouvelles que d'éclaircir les relations historiques de «l'appareil de Bohnenberger».

1 Einleitung

Zum 200. Geburtstag von Johann Gottlieb Friedrich Bohnenberger im Jahr 1965 schrieb der damalige Präsident des Baden-Württembergischen Landesvermessungsamtes, Hugo Reist, einen ausführlichen Artikel über diesen Wissenschaftler und fasste dazu sämtliche bekannte Lebensdarstellungen zu Bohnenberger zusammen (Reist 1965). Sein Fokus lag dabei auf den Leistungen Bohnenbergers für die Landesvermessung des Königreichs Württemberg, die 1819 begann und an der dieser bis zu seinem Tod 1831 als wissenschaftlicher Leiter beteiligt war. Wie H. Reist selbst angab, erledigte J.G.F. Bohnenberger die Arbeiten für die Landesvermessung quasi im „Nebenamt“, da er hauptamtlich Professor für Mathematik, Physik und Astronomie an der Universität Tübingen war. Zur Arbeit des Wissenschaftlers stellte H. Reist weiter die bekannte Literatur und die Themen von Bohnenbergers Veröffentlichungen zusammen. Die „Maschine von Bohnenberger“ oder „Bohnenbergersche Schwungmaschine“, die als Vorläufer des von Léon Foucault um 1852 eingeführten „Gyroskops“ (Foucault 1852) gilt, wurde dabei allerdings nur in einem einzigen Satz erwähnt: „*Zur Veranschaulichung der Erdbewegung konstruierte BOHNENBERGER ein ‚Präzisionsmaschinchen‘, das auf Veranlassung des berühmten Mathematikers und Astronomen LAPLACE in den Lyzeen Frankreichs als Lehrmittel eingeführt wurde.*“
Im Dezember 2004 fand man im Bestand eines Tübinger Gymnasiums das bisher einzig erhaltene Exemplar einer „Maschine von Bohnenberger“ (Abb. 1), das den historischen Angaben einigermaßen nahe kommt (Wagner et al. 2005). Dieser Fund war der Anlass, sich erneut mit der Person von J.G.F. Bohnenberger zu beschäftigen und dieses Mal den Fokus der Recherche auf seine Schwungmaschine zu legen. Hierbei traten eine Reihe interessanter

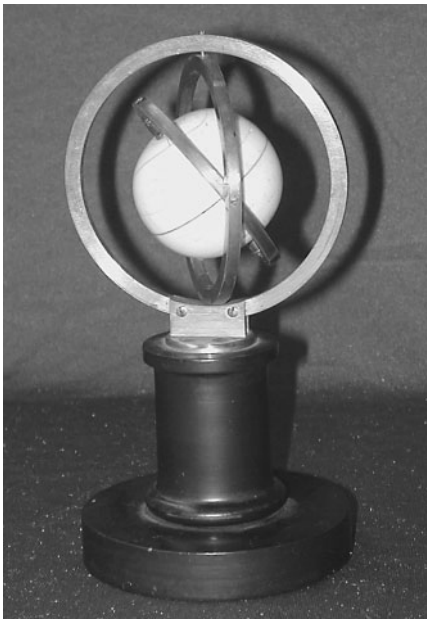

Abb. 1: Exemplar der Maschine von Bohnenberger, aufgefunden im Kepler-Gymnasium Tübingen, Höhe 16,2 cm

Fakten zu Tage, vor allem seine Briefe an den Tübinger Verleger J.F. Cotta (1764–1832) sowie den Leiter der Altonaer Sternwarte und Herausgeber der Astronomischen Nachrichten H.C. Schumacher (1780–1850), die für den vorliegenden Aufsatz erstmals ausgewertet wurden. Es folgt hierzu, als geschichtlicher Hintergrund und Einführung in das Thema, eine auf das Wesentliche reduzierte, aktualisierte Biographie Bohnenbergers. Dann werden die benutzten Quellen einer kurzen Diskussion unterzogen, um abschließend den genannten Apparat etwas näher zu betrachten.

2 Lebenslauf und wissenschaftliches Werk Bohnenbergers

J.G.F. Bohnenberger (1765–1831) wurde in eine politisch und gesellschaftlich bewegte Zeit hineingeboren. Er erlebte fünf Herrscher von Württemberg, welche mehr oder weniger seine Karriere beeinflussten. Der Zeitraum von 1789 bis 1815 umfasste eine sehr facettenreiche Entwicklung der Geschehnisse in Württemberg, ausgelöst durch die französischen Revolutionskriege und die Napoleonische Ära. Erst durch die Annahme der Verfassung für das Königreich Württemberg am 25.09.1819 konsolidierten sich die Verhältnisse wieder.

J.G.F. Bohnenberger war das zweite von drei Kindern aus der Ehe von Gottlieb Christoph Bohnenberger (1733–1807) und Johanne Friederike Schmid (1735–1801). Er wurde am 05.06.1765 in Simmozheim, einem Nachbarort von Johannes Keplers Geburtsort Weil der Stadt, geboren. Seinen Namen trug auch sein älterer Bruder, der aber bereits zuvor im Alter von nur 19 Monaten gestorben war. Sein jüngerer Bruder Johann Christoph Bohnenberger (1767–1836) war später Oberumgelder (Steuerbeamter) in Tübingen.

G.C. Bohnenberger hegte neben seiner Tätigkeit als Pfarrer in Simmozheim (1762–1784) und in Altburg bei Calw (1784–1807) eine ausgeprägte Leidenschaft für physikalische, besonders elektrostatische Apparate. Da er schon recht früh seinen Sohn selbst unterrichtete, übertrug sich die Leidenschaft für Technik wohl auch auf diesen. Von 1782 bis 1784 besuchte J.G.F. Bohnenberger das „Stuttgarter Gymnasium“ (heute Eberhard Ludwig Gymnasium in Stuttgart). Anschließend trat er in das heute noch existierende Tübinger Stift ein, ein Studienhaus der evangelischen Landeskirche Württembergs in Verbindung mit der Universität Tübingen. Dort begann er (ebenso wie zweihundert Jahre vor ihm Johannes Kepler) eine Ausbildung zum Theologen. (Zu seinen Mitstudenten zählte der spätere Philosoph Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770–1831).) Allerdings zeigte sich schon sehr früh, dass diese Ausbildung nicht zuletzt dazu diente, um an der Tübinger Universität in der Philosophischen Fakultät Mathematik und Astronomie zu studieren. Nach L.F. Ofterdinger (1885) befasste sich J.G.F. Bohnenberger schon vor dem Eintritt in das Tübinger Stift im Selbststudium mit dem Lehrbuch der Mathematik von H.W. Clemm (1725–1775) (Clemm 1764). Während seiner Studienzeit stand vor allem die praktische Astronomie im Interesse Bohnenbergers. So beobachteten er und sein Lehrer C.F. Pfleiderer (1736–1821) am 07.06.1786 einen Merkurdurchgang. Im gleichen Jahr gab er seine Magisterarbeit bei C.F. Pfleiderer ab. Die Titel seiner Themen lauteten:

1. De eclipsi Solis d 15.06.1787 celebranda, 2. De religione veterum Germanorum [1].

In der Zwischenzeit war seine Familie nach Altburg gezogen, wohin der Vater versetzt worden war. Dort befindet sich noch heute, schräg gegenüber der Kirche, in südwestlicher Richtung, das „Observatorium“ von J.G.F. Bohnenberger (Blumer et al. 2005). Hier begann die erste Phase seiner Arbeiten für die Landesvermessung, nachdem er 1789 in Tübingen seine Theologische Dienstprüfung abgelegt hatte und anschließend Vikar in der Gemeinde seines Vaters geworden war. Es gibt bis jetzt keine Hinweise dafür, ob diese Versetzung durch die Leitung der evangelischen Landeskirche Württembergs, dem Kirchenrat, bewusst gesteuert worden war oder einfach der Zufall entschieden hatte. Jedenfalls konnte J.G.F. Bohnenberger seinen geodätischen und astronomischen Interessen nachgehen. Seine Arbeitsergebnisse der ersten Jahre fasste er in dem Manuskript „*Astronomische und Trigonometrische Beyträge zur Verfertigung einer genauen Charte von dem Herzogthum Wirtemberg von M. Johann Gottlieb Friedrich Bohnenberger Vicarius in Altburg bey Calw 1793*“ zusammen [2]. Der erste Abschnitt dieser Schrift enthält einen Rückblick auf Versuche zur Bestimmung der Lage von Tübingen, die bis 1793 unternommen wurden. Im zweiten Abschnitt werden ausführlich die Methode und die Instrumente beschrieben. Der dritte Abschnitt befasst sich mit astronomischen Beobachtungen zur Bestimmung der Lage von Altburg und der letzte mit trigonometrischen Messungen in Württemberg. Dabei zeigt sich, dass der Verfasser schon von Anfang an sehr akribisch sein Vorgehen und seine Erfahrungen im Felde festhielt. Dazu heißt es: „*§ 1 Bei der Verfertigung einer*

genauen Charte eines ganzen Landes kann man astronomische Beobachtungen nicht entbehren (…), für kleinere Teile einer Oberfläche der Erde kann man den Messtisch, die Zollmannsche Scheibe, die Boussole und andere dergleichen kleinere Werkzeuge mit Vortheil gebrauchen (…). Bei großen Teilen der Erdoberfläche die einen oder mehrere Grade Längen und Breite betragen bedarf es eines Nez von Dreyecklein (…). Bey Bestimmung der Lage der jenigen Gegenstände welche in der Ebene eines dieser Dreyecke liegen, kann man sich als dann der kleineren Werkzeuge bedienen, weil sich der Fehler, den man bei solchen Werkzeugen ausgesetzt ist, nicht auf die im anderen Dreyeck liegenden Gegenstände erstrecken kann. (…) Bei der Verfertigung des Nezes von Dreyecken bedient man sich aber groeßerer und genauerer Instrumente vermittelst welcher man einen Winkel wenigstens bis auf 20 Sekunden genau muß ausmessen können (…).“ Er notierte sehr gewissenhaft jede mögliche Fehlerquelle, die durch einen unsachgemäßen Gebrauch von Instrumenten oder durch schlechte Wetterlagen entstehen könnte. So notiert er z.B.: „*§ 92 22. Jun. 1792 beobachtete ich auf dem großen Turm der Stiftskirche in Stuttgart die gedoppelte Höhe des oberen Sonnenrandes (…).*“ In einer Fußnote dazu heißt es: „*Diese Beobachtung ist etwas unsicher, weil um 12.11 Uhr die große Glocke geläutet und dadurch der Turm erschüttert wurde.*“

Über den Kirchenrat gelangte dieses Manuskript zu Herzog Carl Eugen von Württemberg. Dieser gewährte am 23.07.1793 für BOHNENBERGERS Leistungen, sowohl eine „litteraische Reise“ (gemeint ist ein Stipendium) als auch die Aussicht auf eine Anstellung bei C.F. PFLEIDERER an der Universität Tübingen mit dem Auftrag, eine vollkommene Karte des Herzogtums zu erstellen [3]. Im Herbst 1793 reiste J.G.F. BOHNENBERGER zunächst nach Altenburg im Herzogtum Sachsen-Gotha-Altenburg. Dort, auf dem Seeberg, befand sich eine für die damalige Zeit bestens ausgerüstete Sternwarte. Sie wurde von Freiherr X. v. ZACH (1754–1832) geleitet. Nach OFTERDINGER (1885) verfeinerte BOHNENBERGER auf dem Seeberg seine Kenntnisse in der Astronomie und der Handhabung von Instrumenten. Ebenso soll er auf dem Seeberg seine Schrift „Anleitung zur geographischen Ortsbestimmung vorzüglichst vermittelst des Spiegelsextanten“ angefertigt haben (BOHNENBERGER 1795). Auf die Vermittlung X. v. ZACHS hin fand er dann einen Verleger in Göttingen. X. v. ZACH protegierte BOHNENBERGER auch später noch, als dieser an der Sternwarte in Tübingen angestellt war, indem er ihm Stellenangebote aus St. Petersburg und Bologna vermittelte, die dieser geschickt für die Stärkung seiner Position in Tübingen nutzte.

Nach einem halben Jahr verließ J.G.F. BOHNENBERGER den Seeberg wieder und ging nach Göttingen. Dort studierte er bei G.C. LICHTENBERG (1742–1799). (Ob er die Vorlesungen von G.C. LICHTENBERG (GROSSER 2004) besuchte, konnte noch nicht ermittelt werden.) Über seine Studienzeit reflektierte er später in zwei Briefen. Einmal schrieb er an C.F. GAUSS (1777–1855): „*Wie oft habe ich schon gewünscht, mich mit ihnen mündlich über allerhand Gegenstände unterhalten zu können! Viellaicht mache ich auch einmal in den Ferien auf den Weg, um Sie persönlich kennen zu lernen, und Göttingen wieder zu sehen, denn ich so über nachdachte, und wo ich die vergnügsten Tage meines Lebens hatte.*“ [4]. In einem Brief vom 26.12.1824 an H.C. SCHUMACHER in Altona äußerte sich J.G.F. BOHNENBERGER weiter über die Geschichte des Reversionspendels in seiner Göttinger Zeit. Der Anlass war ein Urheberstreit mit HENRY KATER (1777–1835) aus England, der die Urheberschaft für sich reklamierte. (Laut OFTERDINGER (1885) nahm H. KATER in einem Brief vom 07.06.1826 an H.C. SCHUMACHER seinen Anspruch aber zurück.) „*Als ich 1793 und 94 in Göttingen studierte, lernte ich den merkwürdigen Satz (Hugenii Horologium oscillatorium. Propos. XX.) kennen, auf dessen umgekehrten nicht schwehr zu beweisenden Saze (in meiner Astronomie pag. 448) das Reversionspendel beruht. Ich machte damals einen rohen Versuch mit einem hölzernen Parrallelbeypipelum, an dessen einem Ende und an 2/3 seiner Laenge ich zwei Axen, wo ich mich recht erinnere aus Stüken einer feinen staehlernen Striknadel, anbrachte. Die Schwingungszeiten beobachtete ich an einer von Lichtenberg mir anvertrauten Pendeluhr. (…) Ich bin vollkommen überzeugt, das Cpt. Kater meine Astronomie nicht gelesen hat, sie ist wahrscheinlich nicht nach England gekommen, und in einer daselbst für wenige verstaendlichen Sprache geschrieben.*“ [5].

Nach seiner Rückkehr aus Göttingen nach Altburg 1795 widmete sich J.G.F. BOHNENBERGER wieder der Arbeit an der Erstellung einer Karte für das Herzogtum Württemberg. Seine Anstellung in Tübingen erfolgte dann am 14.01.1796. Er wurde als Magister an der Sternwarte der Universität beschäftigt und bekam die Betreuung und Wartung der astronomischen Apparate zur Aufgabe. Im Januar 1798 wurde er zum außerordentlichen Professor ernannt. Im Mai des gleichen Jahres heiratete er Johanna CHRISTINE PHILIPPINE LUZ (1772–1821) aus Naißlach bei Altburg. Das Paar bekam zwei Söhne und zwei Töchter. Im Jahr 1803 wurde BOHNENBERGER ordentlicher Professor, bis 1818 allerdings ohne Sitz und Stimme im Senat. Zeitgleich zog die junge Familie in den Ostflügel des Tübinger Schlosses ein, direkt neben der Sternwarte im Nord-Ost-Turm.

Im Januar 1810 legten J.G.F. BOHNENBERGER und der Tübinger Verleger J.F. COTTA König Friedrich I. die Karte des Herzogtums Württemberg vor. In einem Begleitschreiben heißt es dazu: „*Euer Königlichen Majestät wagen wir, die große Charte, die von Allerhöchst dero Erbstaaten ausging, und die allerhöchst dero Huld bey ihrem Entstehen den vorzüglichsten Unterstützungsgrund ward (…) allerunterthänigst zu überreichen, da sie um in den Hauptpartien ein Ganzes bildet, und die noch übrigen Lücken in kurzer Zait von dem Kupferstecher ausgefüllt seyn werden. Wenn es uns schmerzen muß, daß diese Unternehmung so langsam fortschraitet, in dem es durch (…) Zait erfordernde Aufnahmen und Zaichnungen dann gearbaitet werden kann, wo die Studierenden in den Ferien abwesend sind, so muß es uns freuen, daß sie gerade in dem Zaitpunkt, wo daß Königreich durch Euer Königlichen Majestät (…) Regierung so große Erwaiterungen erhält, zu einem Ganzen sich bilden läßt.*“ [6].

In diesen Sätzen drücken sich die Mühen und Widrigkeiten aus, mit denen BOHNENBERGER während der An-

fertigung seiner Karte zu kämpfen hatte. Abgesehen davon, dass er nur in den Semesterferien die Möglichkeit hatte, daran zu arbeiten, verschoben sich durch die politischen Ereignisse ständig die Grenzen des Herzogtums Württemberg. In der Folge der Revolutionskriege verlor Württemberg seine linksrheinischen Gebiete um die Grafschaft Mömpelgard/Montbéliard. Der Reichsdeputationshauptschluss vom 25.02.1803 brachte für Herzog Friedrich II. von Württemberg erneut eine große Veränderung. Als territoriale Entschädigung für die Verluste der linksrheinischen Gebiete an Frankreich erhielt er Gebiete aus den ehemals reichsstädtischen und reichskirchlichen Gebieten. Der Zuwachs war ein Vierfaches an Landmasse und ein Achtfaches an Bevölkerung (gemessen an den vorherigen Verlusten). Die neuen Gebiete wurden als Neuwürttemberg zusammengefasst.

Im Jahr 1805, während des dritten Koalitionskrieges, wurde Stuttgart von französischen Truppen besetzt. Napoleon traf Friedrich II. in Ludwigsburg zu Verhandlungen. Das Ergebnis war, dass Friedrich II. dem Rheinbund beitrat, als Ausgleich für seine Bündnistreue mit Frankreich zum König ernannt wurde und die volle Souveränität über sein Land behielt.

Kaum hatten J.G.F. Bohnenberger und J.F. Cotta die ersten Blätter ihrer Karte veröffentlicht, so tauchten davon schon Kopien auf. In einer Stellungnahme über eine Schrift des Oberamtmann Kausler heißt es: „*Euer Königlichen Majestät haben dem allerunterthänigst Unterzeichneten die von dem Oberamtmann Kausler allerunterthänigst vorgelegten Auszüge aus seiner von ihm angefertigten Beschreibung des Oberamtes Neuenbürg mit einer dazu gefertigten Charte zur Beurteilung gnädigst zu gehen lassen. (…) Die Charte (inliegende), so ist solche größtenteils von der Bohnenbergers copiert, dies in der Bohnenbergers fehlenden nach dem selben Maßstab eingetragen, dessen Nützlichkeit aber noch einer genaueren Prüfung bedarf; viellaicht könnte diese Charte dem Stabshauptmann (…) bai seiner Charte von dem Königreich hinsichtlich der Grenzen mit Baden in der Folge einige Dienste thun. Obrist von Beulwitz, Ludwigsburg 2.ten Septr. 1810*“ [6]. (Die angesprochene Schrift und die Karte haben die Autoren bisher nicht aufgefunden.)

Das Jahr 1811 war aus der Sicht Bohnenbergers ein sehr produktives Jahr, denn im März legte er der Zensurbehörde sein Buch „Astronomie“ vor und im Dezember das Buch „Anfangsgründe der Höheren Analysis“ (Bohnenberger 1811a; Bohnenberger 1811b). Beide Schriften erschienen im gleichen Jahr bei J.F. Cotta in Tübingen und waren als Lehrmaterial für seine Vorlesungen konzipiert.

Im November 1812 erhielt J.G.F. Bohnenberger, zusammen mit fünf anderen Tübinger Professoren und 29 weiteren Personen, den Zivil-Verdienst-Orden und das Kleine Kreuz des Großen Ordens vom Goldenen Adler verliehen. Diese Verleihung beinhaltete auch die Vergabe des Personaladels.

In der Zeit vom Januar 1813 und April 1814 erlitt J.G.F. Bohnenberger vermutlich einen Herzinfarkt. Am 04.01.1813 schrieb er an J.F. Cotta und erfreute sich offensichtlich noch bester Gesundheit, seine Zeilen vom 27.04.1814 an diesen beginnen hingegen mit: „*Verehrter Freund! Ich bin nun, Gott sei Dank! wieder soweit hergestellt, daß ich leserlich an Sie schreiben kann.*“ [7]. Näheres zum Verlauf der Krankheit und deren Folgen konnte jedoch bisher nicht in Erfahrung gebracht werden.

Im Januar 1815 begann J.G.F. Bohnenberger systematisch Wetteraufzeichnungen anzufertigen [8]. Er notierte sie sehr sorgfältig in selbstgezeichnete Tabellen ein. Ab dem November 1817 lässt die Sorgfalt nach, und die Daten wurden nur noch flüchtig erfasst. Im Januar 1828 enden die Aufzeichnungen. Anhand der Uhrzeiten der Datenaufnahme kann man Rückschlüsse auf seinen Tagesablauf ziehen. So notierte er morgens (6.30 Uhr), mittags (14.00 Uhr) und nachts (21.00 Uhr) Temperatur, Feuchte, Luftdruck und einen Kommentar zur Witterung.

Die Zeit der „Napoleonischen Kriege“ wirkte sich auch auf die Entwicklung der Astronomie in Deutschland aus. So wurde am 25.10.1813 der Seeberg von französischen Truppen geplündert. B. v. Lindenau (1779–1854), der seit 1807 im Auftrag von X. v. Zach die *Monatliche Correspondenz zur Beförderung der Erd- und Himmelskunde* herausgab, musste den Seeberg verlassen, ohne dass er einen Teil der Redaktion hätte retten können. Er nahm dann als Adjutant des Großherzogs von Weimar an verschiedenen Feldzügen gegen das Napoleonische Heer teil. Im Sommer 1814 kehrte er auf den Seeberg zurück und versuchte die *Monatliche Correspondenz* wieder zusammen mit X. v. Zach herauszugeben. Dieser jedoch gab von Genua aus seine Zeitschrift auf Französisch heraus und war an einer Fortsetzung der Redaktion nicht interessiert. In dieser Situation bot sich J.G.F. Bohnenberger als Mitarbeiter für die Redaktion an. Die *Zeitschrift für Astronomie und verwandte Wissenschaften* ist also die geistige Fortsetzung der *Monatliche Correspondenz* (Lindenau, Bohnenberger 1816). Die Zusammenarbeit zwischen B. v. Lindenau und seinem neuen Partner ist nur durch einen Brief vom 22.08.1816 dokumentiert. In diesem berichtet Bohnenberger über die Reaktionen auf die erste Ausgabe der Zeitschrift und erwähnte auch, dass Professor (August Ferdinand) Möbius bei ihm in Tübingen zu Besuch weilte [9]. Im Mai 1819 endete die Zusammenarbeit zwischen B. v. Lindenau und J.G.F Bohnenberger, die Herausgabe der Zeitschrift wurde eingestellt. (Das Ende wurde durch B. v. Lindenau eingeleitet, der sich vermehrt im politischen Tagesgeschäft im Herzogtum Sachsen-Gotha-Altburg engagierte, Brief Bohnenbergers an J.F. Cotta, 06.05.1819 [10].)

Im Oktober 1816 starb König Friedrich I. Er hinterließ seinem Sohn Wilhelm I. die Aufgabe, eine Verfassung für das Königreich Württemberg zu verabschieden. Diese wurde schließlich am 25.09.1819 durch den Verfassungsvertrag besiegelt. Eine wesentliche Folge hiervon war die Verordnung zur Erstellung eines neuen Katasters, um eine gerechte Besteuerung zu garantieren. Es zeigt sich freilich in zeitgenössischen Schriften, dass hierbei auch noch ganz andere Aspekte eine Rolle spielten: Eine Karte vom gesamten Königreich sollte auch dazu dienen, dass sich die Einwohner mit den neuen Grenzen identifizieren konnten (Württ. Jahrbuch 1821).

Mit der Einrichtung der erforderlichen Katasterkommission begann 1819 Bohnenbergers zweite Phase in der Landesvermessung. Er wurde als außerordentlicher Bera-

ter in die Kommission berufen und war für die Erstellung eines Hauptdreiecknetzes zuständig, dessen Herzstück die Basis zwischen Schloss Solitude und der Stadt Ludwigsburg war. Daneben sollte er die Arbeiten der anderen Geometer und Trigonometer überwachen. Die Vorgaben waren sehr detailliert in einer Instruktion festgehalten, die im März 1819 das erste Mal herausgegeben wurde (Instruktion 1831). Diese Phase aus BOHNENBERGERS Leben hat H. REIST ausführlich in seinem Aufsatz beschrieben und wird daher hier nicht weiter vertieft.

Am 19.04.1831 starb J.G.F. BOHNENBERGER an Herzversagen. Sein Universitätsmechanikus JOHANN WILHELM GOTTLOB BUZENGEIGER (1778–1836), der weiter unten noch vorgestellte Erbauer der Schwungmaschine, teilte in einem Brief an H.C. SCHUMACHER am 21.04.1831 die Nachricht vom Tode des gemeinsamen Freundes mit: „*Euer Hochwohlgeboren! Mit dießem geben Ihnen die höchst traurige Nachricht, daß unser verehrter Freund BOHNENBERGER 19. Apr. vormittags 10 1/2 Uhr nach jahrelanger Krankhait und wie die Aerzte sagen, an den Folgen (…) eines Herzfehlers gestorben. Viel, recht sehr viel, hat die hiesige Universität verlohren. Er war main Freund und Rathgeber in allem. (…) Durch den Austausch und Zusammenfluß unserer Ideen, mißglückte bai der Ausführung irgend eines neuen Instrumentes nie etwas. Ich kann eines nicht vergeben, daß ich seine vortrefflichen Gedanken, welche Er mir so mitthailte, und die maißtens aus mangel an Geld und Zait nicht soglaich ausgeführt werden konnten (…) somit in Vergeßenhait gerieten.*“ [5].

3 Wenig bekannte Quellen

Der persönliche, schriftliche Nachlass BOHNENBERGERS wurde von H. REIST 1965 vollständig erfasst und ist z.T. als Faksimile als Sonderdruck erschienen (REIST 1965). (An der Universitätsbibliothek Tübingen befindet sich außerdem ein so genannter Splitternachlass [10]. H. REIST hatte der Bibliothek seinerzeit Xerokopien seiner Unterlagen als Geschenk übergeben.) Zentrale Schriftstücke sind hierbei zwei Briefe des Vaters BOHNENBERGER an den Sohn und ein Brief von C.F. GAUSS. Eine ausführliche Bibliographie der Schriften von J.G.F. BOHNENBERGER findet sich ebenfalls bei H. REIST. Inzwischen wurden mehrere Archivbestände besser erschlossen bzw. sind seit der deutschen Wiedervereinigung einfacher zugänglich. Daher konnten u.a. zwei einleitend schon genannte Konvolute von Briefen BOHNENBERGERS ausfindig gemacht werden, zum einen an J.F. COTTA [7], zum anderen an H.C. SCHUMACHER [5]. Auch an vielen Stellen tauchten weitere Archivalien von J.G.F. BOHNENBERGER auf, von denen im vorliegenden Aufsatz nur eine Auswahl vorgestellt werden kann.

In den Kabinettsakten der Königlichen Württembergischen Regierung befinden sich beispielsweise die Begleitschreiben zu BOHNENBERGERS Manuskript „Astronomische und Trigonometrische Beyträge zur Verfertigung einer genauen Charte von dem Herzogthum Wirtemberg 1793“, zur Abgabe seiner Karte und zu den genannten Büchern „Astronomie“ und „Anfangsgründe der Höheren Analysis“ [6].

Zu Beginn des Sommersemesters 1809 wurden Hörerlisten für die Vorlesungen an der Universität Tübingen angelegt. Von J.G.F. BOHNENBERGER sind diese Listen bis zum Jahr 1829 erhalten [11]. Der wohl prominenteste Schüler BOHNENBERGERS dürfte der Kronprinz und spätere König von Württemberg, Wilhelm I. gewesen sein. In einem undatierten Brief an König Friedrich I. von Württemberg berichtete J.G.F. BOHNENBERGER über die Entwicklungen des jungen Kronprinzen. Der Unterricht fand vermutlich in den Jahren 1812–1814 statt [12].

J.G.F. BOHNENBERGER wurde von vier Akademien zum Korrespondierenden Mitglied ernannt: 1797 von der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, 1809 von der Bayrischen Akademie der Wissenschaften in München, 1820 von der Académie des Sciences, Paris, 1826 von der Preußischen Akademie der Wissenschaften, Berlin. Zumeist tauchte der Name J.G.F. BOHNENBERGER im Zusammenhang mit seinem Wahlvorgang auf, z.B. für seine Wahl in die mathematische Klasse der Preußischen Akademie der Wissenschaften [13]. (Das Archiv der Bayrischen Akademie der Wissenschaften wurde allerdings im Zweiten Weltkrieg leider zerstört.) In den Briefen an H.C. SCHUMACHER, mit dem er am 12.06.1826 dort aufgenommen wurde, findet sich jedoch kein Kommentar zu dieser Berufung. In einem Brief an J.B. DELAMBRE (1749–1822), welcher maßgeblich für seine Berufung zum Korrespondierenden Mitglied der Astronomischen Klasse der Académie des Sciences verantwortlich war, betonte er hingegen seine Freude über diese Ernennung und dass dies eine große Ehre für ihn sei. Aus einem Notizzettel von J.B. DELAMBRE geht hervor, dass BOHNENBERGER vermutlich aufgrund seines Buchs „Astronomie“ aufgenommen wurde und nicht aufgrund seiner Schriften zur Landesvermessung [14].

Über BOHNENBERGERS Verhältnis und die Zusammenarbeit mit dem oben genannten Uhrmacher J.W.G. BUZENGEIGER, der ab 1804 sowohl als Mechanikus wie auch als Vorlesungsassistent an der Universität tätig war, gibt es fast nur indirekte Zeugnisse. An vielen Stellen äußerte sich BOHNENBERGER wohlwollend über Buzengeiger, indem er auf die Qualität seiner Arbeiten hinwies und für diese auch Empfehlungen gab. Dass dieses Verhältnis über den formalen Rahmen hinausging, kann man an dem oben zitierten Brief BUZENGEIGERS festmachen. Diese Zeilen sind bis jetzt der einzige Beleg, der die Beziehung zwischen den beiden direkt charakterisiert.

Zusammenfassend ist die Quellenlage zu J.G.F. BOHNENBERGER umfangreich und vielseitig. Allerdings fehlen, bis auf die genannten Briefe von seinem Vater und von C.F. GAUSS, sämtliche Schreiben seiner Briefpartner. Was genau mit seinem Nachlass nach seinem Tod geschah, konnte bisher nicht ermittelt werden.

4 Historisches zur Schwungmaschine

Auf der Suche nach einem einfachen Instrument zum Nachweis der Erddrehung befasste sich der französische Physiker L. FOUCAULT (1819–1868) neben dem nach ihm benannten Pendel auch mit dem kardanisch gelagerten Kreisel, also der „Maschine von BOHNENBERGER“. Er

wusste wohl von diesem Gerät, da es wie eingangs erwähnt durch P.-S. LAPLACE (1749–1827) in Frankreich eingeführt worden war. L. FOUCAULT erkannte dabei, dass eine zielgerichtete Behinderung der Kreisellagerung zu Geräten führt, die sich zur Anzeige unterschiedlicher Komponenten von Drehbewegungen eignen. Hieraus leitete er auch den Begriff des Gyroskops ab (BROELMANN 2002). Fußend auf seinen Erkenntnissen entstanden später so wichtige Navigationsinstrumente wie der Kurskreisel und der künstliche Horizont (SORG 1976). Weiter war der kardanisch gelagerten Kreisel auch bei Entstehung inertialer Navigationssysteme von elementarer Bedeutung (WRIGLEY 1977).

Die „Maschine von BOHNENBERGER“ (historisch ungenau auch als „Apparat von BOHNENBERGER“ oder „Gyroskop von BOHNENBERGER“ bezeichnet) ist deshalb eine elementare Wurzel der Kreiseltechnik und Inertialnavigation. Bei allen bisher bekannten Beschreibungen zu BOHNENBERGERS wissenschaftlichem Werk wird seine „Schwungmaschine“ freilich, wenn überhaupt, nur am Rande erwähnt. Angesichts der Bedeutung dieses Geräts ist dies eine wesentliche wissenschaftshistorische Lücke, die hier ein wenig geschlossen werden soll.

Die historische Situation um die „Maschine von BOHNENBERGER“ ist etwas verwickelt: Weder die Idee noch die Urheberschaft für die Konstruktion dieses Geräts konnten bisher völlig geklärt werden. Zudem gibt es mehrere Beschreibungen und Erwähnungen der Schwungmaschine, die früher entstanden sind, als die erste Veröffentlichung von J.G.F. BOHNENBERGER selbst, der Abb. 2 entnommen ist (BOHNENBERGER 1817). Das Gerät, welches man

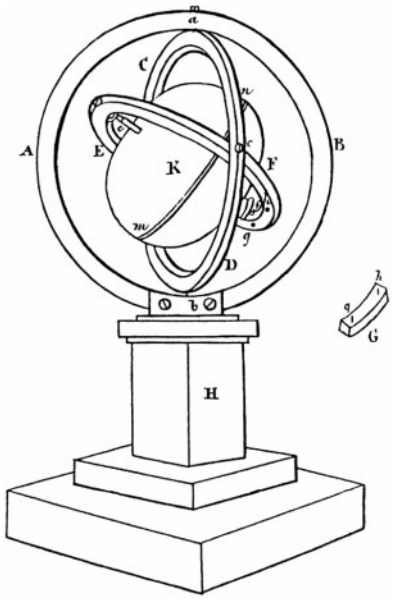

Abb. 2: Zeichnung aus BOHNENBERGERS Originalveröffentlichung von 1817

2004 fand (Abb. 1) und das abgesehen vom Sockel mit den Proportionen wie mit der Größenangabe aus BOHNENBERGERS Originalschrift übereinstimmt, ist zudem nicht signiert. Daher ist es nicht klar, ob es aus der Werkstatt von J.W.G. BUZENGEIGER stammt oder eventuell doch ein Plagiat darstellt. Im nachfolgenden Abschnitt wird daher versucht, anhand einer ungefähr chronologischen Ordnung einen roten Faden zu spinnen, der als Richtschnur für die Lösung dieses Rätsel dienen könnte.

Schlägt man ein einschlägiges Lexikon auf, so findet man unter dem Begriff „Gyroskop“ folgendes: „*Gyroskop, Physik 1. Mechan. Messgerät zum Nachweis äußerlicher Krafteinwirkungen auf einen Kreisel. (…) Als erster konstruierte J.G.F. Bohnenberger 1817 einen Apparat nach diesem Prinzip (Bohnenbergersches Maschinchen). Unabhängig davon entwickelte L. Foucault 1852 ein ähnl. Gerät, mit dem er die Präzision der Erde untersuchte.*“ (Kilian 2003). Damit wäre die Urheberschaft eigentlich geklärt, wären da nicht Berichte darüber, dass die Maschine schon vor 1817 gebaut wurde.

J. Broelmann (2002) führt in seiner Abhandlung über die Geschichte der Kreiseltechnik die Idee zum Bau einer „Präzessionsmaschine“ auf den Bau der Weltmodelle und Weltmaschinen zurück, wie sie u.a. Philipp Matthäus Hahn (1739–1790) konstruierte. Dieser Hinweis ist insofern interessant, da J.W.G. Buzengeiger ab 1792 seine Uhrmacherlehre bei Johann Jacob Sauter (1743–1803) machte. J.J. Sauter stammte aus Onsmettingen. Er war dort Geselle bei P.M. Hahn gewesen und mit diesem nach Kornwestheim gezogen. Die Werkstatt wurde hier nach dem Tod Hahns 1790 von dessen Brüdern weitergeführt und vermutlich von J.J. Sauter geleitet. Im November 1793 ging J.J. Sauter nach Esslingen und stellte dort einen Antrag, „für sich und seine Leute“ das Recht als „Beysitzer“, d.h. das Aufenthaltsrecht, zu erhalten [15]. Bis zu seinem Tod 1803 arbeitete er dann als Uhrmacher in Esslingen. J.W.G. Buzengeiger war nach seiner Lehre noch einige Zeit als Geselle bei J.J. Sauter tätig [16]. So könnte er natürlich die Idee für den kardanisch gelagerten Kreisel und eventuell auch Baupläne aus seiner Lehr- und Gesellenzeit mitgenommen haben. Jedoch konnten bis jetzt keine Hinweise zur Untermauerung dieser These gefunden werden.

Anmerkung: J.W.G. Buzengeiger arbeitete bis 1799 bei J.J. Sauter, lebte anschließend ein Jahr bei der Familie seines Onkels in Tübingen, ging dann nach Ansbach und kehrte 1803 (als J.G.F. Bohnenberger zum ordentlichen Professor ernannt wurde) über Güglingen bei Heilbronn nach Tübingen zurück: Dort eröffnete er dann eine eigene Werkstatt, und zwar vermutlich im Haus neben der Cotta’schen Buchhandlung in unmittelbarer Nähe zum alten Hauptgebäude der Tübinger Universität. Damit begann auch Buzengeigers Zusammenarbeit mit J.G.F. Bohnenberger und seine Zeit als Vorlesungsassistent. Letztere mündete 1804 in seine offizielle Ernennung zum Universitätsmechanikus.

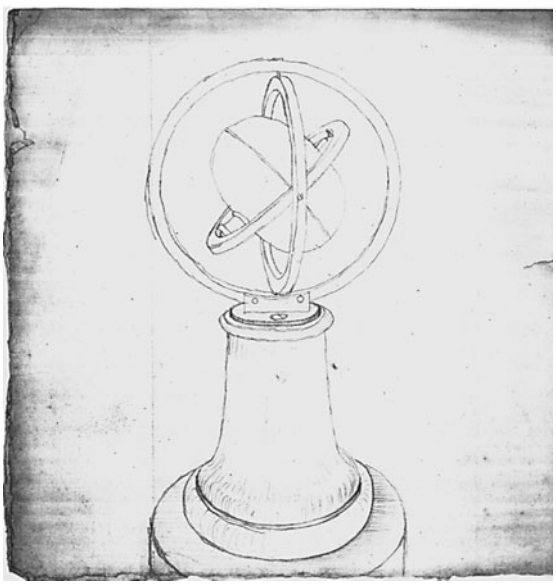

Abb. 3: Die bisher älteste Darstellung der Maschine von Bohnenberger [17]

Die älteste direkte Beschreibung der Schwungmaschine findet sich in den Schriften des Düsseldorfer Geodäten J.F. Benzenberg (1777–1846). Dieser unternahm 1810 eine Reise in die Schweiz und besuchte dabei auch J.G.F. Bohnenberger und die Werkstatt Buzengeigers. Seine Reiseerlebnisse gab er anschließend in Briefform heraus. Darin schreibt er am 10.12.1810: „*B[ohnenberger] zeigte mir eine artige Schwungmaschine, welche das Zurückweichen der Nachtgleichen = Punkte auf eine anschauliche Weise erklärt, und zugleich den physischen Grund davon zeigt. Eine kleine Erde von Holz und mit Blei ausgegossen, dreht sich um ihre Achse, und wird durch das Aufwinden einer Schnur so in eine rotierende Bewegung gesetzt, wie der Kräusel, mit dem die Knaben spielen. Die Pole sind in einen Ring befestigt, welcher Kompaßaufhängung hat, und sich frei nach allen Seiten drehen kann. Läßt man nun die Erde rotiren, so kann man mit ihr im ganzen Zimmer herum gehen, ohne daß sich die Richtung ihrer Rotationsachse ändert. (…) Um an derselben Maschine die Ursache vom Zurückweichen der Nachtgleichen zu erklären, wird an der einen Seite ein kleines Gewicht angehängt, dessen Bestrebung es ist, die Richtung der Erdachse zu ändern. Dieses stellt die anziehende Kraft der Sonne vor, die auch strebt den Ring der Erdmasse, den die Abplattung um den Äquator gelegt hat, zu drehen, so daß die Erdachse senkrecht auf ihre Bahn zu stehen komme. Allein nun entsteht eine neue Erscheinung. Der Winkel von 23 ½ Grad, den der Äquator mit der Erdbahn macht, bleibt, und die Erdachse geht um den Punkt herum, zu dem sie das Gewicht hintreibt, und in dem sie wegen der Rotation nicht kommen kann.*“ (Benzenberg 1811). Am 12.12.1810 fährt er fort: „*Ich habe mir bei dem hiesigen Uhrmacher Butzengeiger eine Bohnenbergersche Schwungmaschine bestellt, welche er für eine Kleinigkeit von 12 Gulden sehr sauber gearbeitet liefert.*“

J.F. Benzenberg baute sich in Bilk (heute ein Stadtteil von Düsseldorf) eine eigene Sternwarte, in welcher er seine Instrumentensammlung unterbrachte. Die Sternwarte wurde im Zweiten Weltkrieg leider völlig zerstört und damit vermutlich auch die dortige Schwungmaschine.

Die älteste systematische Darstellung zur Schwungmaschine (auf die auch die exakte Bezeichnung „Maschine von Bohnenberger“ zurückgeht) lieferte J.G.F. Bohnenberger 1817 dann selbst (Bohnenberger 1817). Zuvor aber findet sich schon im Fragment seines handschriftlichen Manuskripts des Buches „Anfangsgründe der Höheren Analysis“ auf der Rückseite des Titelblattes die in Abb. 3 dargestellte Zeichnung [17]. (Das bereits erwähnte Begleitschreiben ist vom 21.12.1811 [6]. Die Autoren gehen davon aus, dass das genannte Manuskript zusammen mit dem Begleitschreiben abgegeben wurde.) Die Zeichnung wurde mit einem Bleistift bzw. einem Graphitstift

angefertigt. Auffällig ist, dass das beschriebene Gewicht G (Abb. 2) nicht gezeichnet ist, und dass der Fuß rund und nicht eckig ist. Darüber hinaus ist der Fuß nicht vollständig gezeichnet. Es wirkt, als ob die Seite beschnitten wurde. Möglicherweise verwendete J.G.F. BOHNENBERGER das Blatt aus Papiermangel zweimal, zum einen als Skizzenblock und zum anderen als Manuskript. Allerdings enthält das Manuskript nicht alle Paragraphen, die in der gedruckten Version vorkommen. So könnte im nicht überlieferten Teil ein Kommentar zu der Zeichnung enthalten gewesen sein.

Ebenfalls vor BOHNENBERGERS Aufsatz von 1817 trat die Schwungmaschine in völlig anderen Kreisen und an einem völlig anderen Ort auf, nämlich an der École Polytechnique in Paris. S.D. POISSON (1781–1840) erwähnte das Gerät bereits 1813 in einem Aufsatz und gab an, dass sich ein Exemplar der Maschine in der physikalischen Sammlung der École Polytechnique befände: „*Il existe au cabinet de l'École polytechnique, une machine très-ingénieuse, imaginée par M. BOHNENBERGER, qui représente parfaitement les diverses circonstances du mouvement que nous considérons. L'auteur la destine à rendre sensible aux yeux le phénomène de la précession des équinoxes;*“ (POISSON 1813). Auf eine Anfrage an das Archiv der École Polytechnique Paris wurde mitgeteilt, dass sich weder Archivalien zu J.G.F. BOHNENBERGER noch ein „Gyroscope de BOHNENBERGER“ im Fundus befinden. Allerdings wurde auf die Sammlung des „Musée des Arts et Metiers“ verwiesen. Aus der Antwort der dortigen Archivleitung geht Folgendes hervor: Es befindet sich ein „Gyroscope“ von J.G.F BOHNENBERGER in der Sammlung, die Maße und die schematische Zeichnung kommen dem Original und den bekannten Zeichnungen nahe, das Gerät wurde jedoch 1889 in die Sammlung aufgenommen und der Erbauer ist der Uhrmacher Bréguet aus Frankreich.

Die „Maschine von BOHNENBERGER“ war also schon vor der Veröffentlichung des Aufsatzes ihres Urhebers im Jahr 1817 gut bekannt. Entsprechend schreibt J.G.F. BOHNENBERGER dann auch selbst: „*Ich würde mich nicht entschlossen haben, einen eigentlich in die physische Astronomie gehörenden Gegenstand (…) abzuhandeln, wenn die Maschine, welche ich hier beschreiben werde, auch abgesehen von ihrer Anwendung zur Erläuterung einer merkwürdigen Bewegung in unserem Sonnensystem, sobald sie gehörig in Bewegung gesezt ist, Erscheinungen darböte, welche auffallend genug sind, um die Aufmerksamkeit eines Physikers zu verdienen. Hiezu kommt noch der von vielen, welche sich eine solche Maschine angeschafft haben, geäusserte Wunsch, daß ich eine deutliche Anleitung zum Gebrauche derselben geben, und so weit es ohne Calcul möglich, die Gründe ihrer Bewegungen entwickeln möchte.“ (BOHNENBERGER 1817).* Es folgt eine ausführliche Beschreibung des Aufbaues und der Funktion des Geräts. Hinweise, woher die Idee für den Bau dieses Instruments stammt, enthält der Aufsatz dagegen nicht. (Ein weiterer, praktisch inhaltsgleicher Aufsatz wird ein Jahr später veröffentlicht (BOHNENBERGER 1818).)

EMIL NÜRNBERGER stellte im Jahr 1827 in seinem Aufsatz „Vorrücken der Nachtgleichen“ für die „Allgemein deutsche Real-Encyklopädie“ (dem Vorläufer des Brockhaus) die Verbindung zu Frankreich her. Er schilderte zunächst das astronomische Problem und fügte dann an: „*Zur Versinnlichung des Vorgangs hat der Prof. BOHNENBERGER zu Tübingen eine sinnreiche Maschine ausgedacht, wo ein Gewicht, welches auf eine Kugel wirkt, die anziehende Kraft von Sonne und Mond auf die Erde darstellt, so daß, wenn die Kugel zugleich in rotierender Bewegung gesetzt wird, ihre Axe anfängt, einen kleinen Kreis um eine gedachte senkrechte zu beschreiben, wie es die oben gegebene Erklärung von dem Vorrücken der Nachtgleichen erfordert. Der Mechanikus Buzengeiger zu Tübingen verfertigt dergl. Maschinen zu einem Karolin, und sie sind ihrer Brauchbarkeit wegen, auf den Vorschlag von Laplace, in der école Polytechnique eingeführt.*“ (NÜRNBERGER 1827).

Freilich konnten bis jetzt keinerlei Dokumente nachgewiesen werden, die erklären könnten, wie die Bohnenbergersche Maschine nach Frankreich gelangte.

Als 1852 L. FOUCAULT in der École Polytechnique einen Apparat vorstellte, den er „Gyroscope“ nannte, löste er eine Debatte aus, deren Gegenstand die „Maschine von BOHNENBERGER“ war. (FOUCAULT 1852; Person 1852). Weiter war Mitte des 19. Jahrhundert das Konstruktionsprinzip des Geräts auch nach Amerika gelangt. Es tauchte als „BOHNENBERGER's Machine“ im Katalog eines Instrumentenmachers aus New York auf (PIKE 1856).

5 Epilog

Dies sind die vorerst letzten historischen Quellen, welche vom Gebrauch, der Bedeutung und der Existenz der Schwungmaschine berichten. In der von H. REIST zitierten Literatur finden sich immer wieder die Hinweise, dass sich eine Bohnenbergersche Schwungmaschine in vielen physikalischen Sammlungen befand. Bis auf das in Tübingen entdeckte Exemplar, das der Beschreibung von 1817 sehr nahe kommt, aber auch ein Plagiat sein könnte, ließ sich bisher kein einziges aus der Werkstatt BUZENGEIGERS auffinden. Die Ausfertigung für J.F. BENZENBERG ist wohl im zweiten Weltkrieg zerstört worden. Ein weiteres Gerät befand sich im Besitz von H.C. SCHUMACHER an der Sternwarte in Altona [5], wo sich die Spur bisher leider verliert. (Die Sternwarte wurde 1871 aufgelöst und ihr Inventar nach Kopenhagen, Kiel und Hamburg überstellt.)

Es bleiben also noch genügend offene Fragen zur „Maschine von BOHNENBERGER“: Wie viele Exemplare angefertigt wurden und wer eines davon besaß, wird sich vermutlich nicht mehr vollständig rekonstruieren lassen. Das genaue Entstehungsjahr ist noch immer unbekannt, ebenso die Art und Weise, wie das Gerät erstmals nach Frankreich kam. Wer immer hierzu eine Idee, einen Vorschlag oder einen Hinweis hat, sei aufgerufen, sich mit den Autoren in Verbindung zu setzen.

Literatur

Archivalien

[1] Württembergische Landesbibliothek Sig. Cod. math 4° 57 gg Pfleiderer Manuskripte
[2] Württembergische Landesbibliothek Sig. Cod. math 4° 31

[3] Bericht über Verhandlungen mit Herzog Friedrich 1793–1803. Universitätsbibliothek Tübingen Sig. Md 901a – Nachlass Bohnenberger, 6–11
[4] Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, Sig. Cod. MS Gauß
[5] Staatsbibliothek zu Berlin/Preußischer Kulturbesitz: Nachl. Schumacher
[6] Hauptstaatsarchiv Stuttgart E 5 Bü 3
[7] Literaturarchiv Marbach Sig. Brief Cotta
[8] Meteorologische Beobachtungen Prof. Bohnenbergers angestellt auf dem Schloß zu Tübingen 1815-1828. Universitätsbibliothek Tübingen Sig. Md 22
[9] Germanisches National-Museum Autograph K 11
[10] Universitätsbibliothek Tübingen Sig. Md 901
[11] Universitätsarchiv Tübingen Sig. 51/48 Bohnenberger, J.G.F. Hörerlisten 1809–1829
[12] Hauptstaatsarchiv Stuttgart Sig. E 1, 8 Kgr. Friedrich Allgemein/Amtliche Angelegenheiten 1812–1814
[13] Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften Sig. PAW (1812–1945), II-II-19,114; II-V-108,7
[14] Académie des Sciences Sig. MS XIII 2041, MS XIV 2042
[15] Stadtarchiv Esslingen, Ratsprotokolle 1793/94
[16] Zeugnis von J.J. Sauter für J.W.G. Buzengeiger. In: Personalakte von J.W.G. Buzengeiger. Universitätsarchiv Tübingen, Sig. 9/6, 20–22
[17] Württembergische Landesbibliothek Sig. Cod. math. 4° 64a

Monografien und Aufsätze

Benzenberg, J. F. (1811): Briefe geschrieben auf einer Reise durch die Schweiz im Jahr 1810. Düsseldorf: Schreiner

Blumer, R. D.; Butenuth, J.; Münzenmeyer, H.-P. (2005): Der Reichenbachsche große astronomische Kreis im Observatorium von Schloss Hohentübingen. Denkmalpflege Baden Württemberg, Nr. 1, 2005, S. 21–24

Bohnenberger, J. G. F. (1795): Anleitung zur geographischen Ortsbestimmung, vorzüglich vermittelst des Spiegelsextanten. Göttingen: Vandenhoek & Ruprecht

Bohnenberger, J. G. F. (1811a): Astronomie. Tübingen: Cotta

Bohnenberger, J. G. F. (1811b): Anfangsgründe der Höheren Analysis. Tübingen: Cotta

Bohnenberger, J. G. F. (1817): Beschreibung einer Maschine zur Erläuterung der Geseze der Umdrehung der Erde um ihre Axe, und der Veränderung der Lage der letzteren. Tübinger Blätter für Naturwissenschaften und Arzneykunde 3, S. 72–83

Bohnenberger, J. G. F. (1818): Beschreibung einer Maschine, welche die Gesetze der Umdrehung der Erde um ihre Axe, und der Veränderung der Lage der Erdaxe zu erläutern dient. Annalen der Physik 30 (60), S. 60–71

Broelmann, J. (2002): Intuition und Wissenschaft in der Kreiseltechnik. München: Deutsches Museum

Clemm, H. W. (1764): Der Mathematik öffentlicher und ordentlicher Prof. zu Stuttgart mathematisches Lehrbuch oder vollständiger Auszug aller sowohl zu reinen als angewandten Mathematik gehörigen Wissenschaften nebst einem Anhang darin die Naturgeschichte und Experimentalphysik in einem kurzen Plan vorgetragen wird. 1. Aufl. Stuttgart: Mezler

Foucault, L. (1852): Sur les phénomènes d'orientation des corps tournants entrainés par un axe à la surface de la Terre. Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences 35, S. 424–427

Grosser, H. (Hrsg.) (2004): Johann Friedrich Benzenberg: Die Astronomie, Physische Geographie, Meteorologie und Geologie, Georg Christoph Lichtenbergs Vorlesung 1797/98. Göttingen: Wallstein

Instruktion (1831): Instruktion für die Ausführung der Landesvermessung im Königreich Württemberg. Stuttgart: Mäntler

Kilian U. (Ed.) (2003): Der Brockhaus Naturwissenschaft und Technik. Bd. 2. Mannheim u.a.: Brockhaus u.a.

Lindenau, B. v.; Bohnenberger J. G. F. (Hrsg.) (1816): Zeitschrift für Astronomie und verwandte Wissenschaften 1

Nürnberger, J. E. (1827): Vorrücken der Nachtgleichen. In: Killy, W. (Hrsg.): Allgemeine deutsche Real-Encyklopädie für die gebildeten Stände. Bd. 7. Leipzig: Brockhaus, S. 786–787

Ofterdinger, L. F. (1885): Johann Gottlieb Friedrich von Bohnenberger. Mathematisch-naturwissenschaftliche Mitteilungen 1, S. 94–109

Person, C. C. (1852): Disposition de l'appareil de Bohnenberger pour les différentes latitudes. Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences 35, S. 549–552

Pike, B. (1856): Pike's Illustrated Descriptive Catalogue of Optical, Mathematical and Philosophical Instruments. Vol. I. 2nd Ed. New York: B. Pike jr.

Poisson, S. D. (1813): Mémoire sur un cas particulier du mouvement de rotation des corps pesans. Journale École Polytechnique 9, S. 247–262

Reist, H. (1965): Johann Gottlieb Friedrich von Bohnenberger, Gedanken zum 200. Geburtstag. Allgemeine Vermessungsnachrichten 72, S. 218–241

Sorg, H. W. (1976): From Serson to Draper – Two Centuries of Gyroscopic Development, Navigation 23, S. 313–324

Wagner, J. F.; Sorg, H. W.; Renz, A. (2005): The Machine of Bohnenberger. European Journal of Navigation 3, Nr. 4, S. 69–77

Wrigley, W. (1977): History of Inertial Navigation. Navigation 24, S. 1–6

Württ. Jahrbuch (1821): Württembergisches Jahrbuch für Vaterländische Geschichte, Geographie, Statistik und Topographie. Band 3/4. Stuttgart: Metzler

Danksagung

Die Autoren danken zahlreichen Einrichtungen für ihre Unterstützung, besonders der Württembergischen Landesbibliothek, dem Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, dem Literaturarchiv Marbach, der Staatsbibliothek zu Berlin/Preußischer Kulturbesitz, den Stadtarchiven Esslingen, Kornwestheim und Tübingen, der Universitätsbibliothek Tübingen und dem Hauptstaatsarchiv Stuttgart.

Anschriften der Autoren:
Jörg Wagner (Prof. Dr.-Ing. habil.), Universität Stuttgart, Institut für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen, Pfaffenwaldring 27, 70569 Stuttgart

Andor Trierenberg, (M.A. Geschichte der Naturwissenschaften und Technik), Hofener Straße 86, 70372 Stuttgart