

3 Gauß und Hansteen

3.1 Gauß' erste Gedanken über den Erdmagnetismus

Gauß hatte bereits im Jahre 1803 gegenüber seinem väterlichen Freund Wilhelm Olbers (1758–1840) sein Interesse am Erdmagnetismus bekundet. Er dachte offensichtlich an mathematische Überlegungen dazu, wenngleich noch etwas misstrauisch, denn am 1. März 1803 schrieb er an Olbers:

[...] ob ich gleich glaube, dass über die magnetische Kraft der Erde noch viel zu entdecken sein möchte, und dass sich hier noch ein grösseres Feld für die Anwendung der Mathematik finden wird, als man bisher davon kultivirt hat (Briefwechsel Gauß–Olbers 1900/1909: 1, S. 128).

Schon bevor Gauß nach Göttingen berufen wurde, waren dort unter der Ägide von Johann Tobias Mayer erdmagnetische Beobachtungen durchgeführt worden. Als Humboldt im Jahre 1805 auf der Rückreise von einer Italienexkursion durch Göttingen kam, unternahm er zusammen mit Johann Tobias Mayer Inklinationsbeobachtungen. Hansteen kannte diese Beobachtungen und erwähnte sie später (Hansteen 1833a, S. 475).

Nachdem Gauß im Juni 1807 einen Ruf an die Universität Göttingen erhalten und angenommen hatte, übersiedelte er im Herbst desselben Jahres nach Göttingen. Er nahm zwar Anteil an erdmagnetischen Forschungen, aber selbst beteiligte er sich zunächst nicht an ihnen. Am 28. März 1813 schrieb ihm Olbers, der damals in diplomatischer Mission in Paris weilte:

Biot⁶⁸ hat mir eine Auswahl von beobachteten Deklinationen und Inklinationen für Sie, lieber Gauss, versprochen, deren Herbeischaffung Sie mir aufgetragen hatten. Ich wünsche sehr, dass Sie die so anziehende und räthselhafte Theorie des Magnetismus unserer Erde bearbeiten mögen (Briefwechsel Gauß–Olbers 1900/1909: 1, S. 514).⁶⁹

Was aus diesen Daten von Biot in Gauß' Händen wurde, ist nicht bekannt.

68 Jean-Baptiste Biot wurde 1800 Professor für Mathematische Physik am Collège de France, 1806 Astronom am Bureau des Longitudes und 1808 Professor der Astronomie an der Faculté des sciences de Paris. Er arbeitete zeitweise mit Alexander von Humboldt zusammen.

69 Olbers fuhr fort: „In den europäischen und überhaupt auf dem alten Kontinent und den diesen umgebenden Meeren angestellten Beob[achtungen] lässt sich eine befriedigende Theorie ahnen; aber in der Südsee!“ (Briefwechsel Gauß–Olbers 1900/1909: 1, S. 514).

3.2 Gauß' erste Kontakte mit Hansteens Werk

Als im Jahre 1819 Hansteens großartiges Werk „Untersuchungen über den Magnetismus der Erde“ erschienen war, wurde Gauß durch Olbers Ende Mai bzw. Anfang Juni 1820 auf dieses aufmerksam gemacht:

Haben Sie, lieber Gauss, Hansteen's Untersuchungen über den Magnetismus der Erde durchgeblättert? Weiter habe ich bisher noch nichts gethan. Ob es überhaupt *schon hohe* Zeit ist, wie Hansteen meint, aus den bisherigen Beob[achtungen] eine Theorie zu entwickeln, weiss ich nicht; ich fürchte aber, für Hansteen war es doch noch zu früh, da er erst in den Zusätzen der zuerst von Flinders⁷⁰ mit Bestimmtheit gemachten Bemerkung, dass für jedes Schiff die Magnetnadel eine eigene Abweichung zeige, die nach der Richtung des Schiffs veränderlich ist, erwähnt. Dies macht alle zur See angestellten Beob[achtungen] mehr oder weniger unsicher, wenn man nicht durch Vergleichung und Kritik die individuelle erforderliche Korrektion ausmitteln kann. Indessen scheint doch das Werk, so viel ich beim blossen Durchblättern bemerken konnte, sowohl an sich, als durch die grosse Menge gesammelter Beob[achtungen] sehr verdienstlich. Ich erinnere mich dabei, dass Sie, lieber Gauss, mir mal vor mehreren Jahren zuverlässige Abweichungs-Beob[achtungen] abforderten, weil Sie selbst eine Idee über die Theorie derselben versuchen wollten. Möchten Sie uns doch darüber belehren! In Hansteen finden Sie gewiss fast alles, was von Beob[achtungen] vorhanden ist (Briefwechsel Gauß–Olbers 1900/1909: 2, S. 12).

Im nächsten Brief vom 28. Juni 1820 antwortete Gauß:

Hansteen's Werk über den Magnet[ismus] ist mir noch nicht zu Gesicht gekommen. Vor einiger Zeit erkundigte ich mich danach bei Reuss,⁷¹ der es noch nicht kannte. Ich werde nächstens einmal wieder anfragen, ob die Bibliothek es schon besitzt. Gewöhnlich ruhen dann aber solche Werke erst sehr lange in den Händen der Recensenten (Briefwechsel Gauß–Olbers 1900/1909: 2, S. 15).

Wie bereits berichtet, war der Rezensent dann Johann Tobias Mayer (siehe Kap. 2.6.4). Man darf sicher sein, dass Gauß dessen Rezension in den „Göttingischen Gelehrten Anzeigen“ sofort zur Kenntnis genommen hat. Gauß besaß Hansteens „Untersuchungen über den Magnetismus der Erde“ auch in seiner Privatbibliothek (Gauß-Bibliothek Nr. 856, siehe Abb. 7), allerdings ist unbekannt, wann und durch welche Umstände das Werk in Gauß' Bibliothek gelangt war, da es keine Widmung, kein Beschaffungsdatum und keinerlei sonstige Eintragungen enthält.⁷²

Mit Sicherheit hat Gauß aber von Hansteens Karten Notiz genommen, insbesondere von den isodynamischen Karten, die Hansteen in den „Annalen der Physik und

⁷⁰ Matthew Flinders (1774–1814), Seefahrer und Kartograph, umschiffte von 1801 bis 1803 als erster Australien.

⁷¹ Jeremias David Reuss (1750–1837), seit 1785 Professor der Gelehrten-geschichte an der Universität Göttingen, leitete seit 1812 die Universitätsbibliothek als Nachfolger von Christian Gottlob Heyne (1729–1812).

⁷² Im Exemplar der Gauß-Bibliothek sind nicht alle Seiten aufgeschnitten! Es kann nicht mehr nachvollzogen werden, ob dies auch Gauß' einziges Exemplar gewesen ist.

Chemie“ (Hansteen 1825a und 1827a) und in den „Astronomischen Nachrichten“ (Hansteen 1829a) veröffentlicht hatte (Kap. 2.12.2 und 3.3)

Diese Wertschätzung von Hansteens Werk wird wohl der Grund dafür gewesen sein, dass Gauß Hansteen später wissen ließ, dass dieser einigen Anteil daran habe, dass er, Gauß, sich dem Studium des Magnetismus zugewandt habe. So schrieb Hansteen am 19. Februar 1841 an Gauß:

Sie sagten mir einmal in Göttingen, «ich hätte einigen Theil daran, daß Sie sich zu dem Studium des Magnetismus hingewendet haben». Wenn dieses nach dem Buchstaben zu verstehen ist, so ist es die schönste Frucht meiner ganzen Lebenswirksamkeit. Ich kann dann sagen, ich habe den Wunsch des Thyge Brahe in Erfüllung gehen gesehen: non frustra vixisse videor (Brief Nr. 12, S. 3).

Für Humboldt traf diese Aussage einen wunden Punkt in seinem eigenen Verhältnis zu Gauß (siehe Kap. 3.3). Als Hansteen ihm in einem Brief vom 22. Juni 1852 genau dies berichtete, machte Humboldt an dieser Stelle folgende Randbemerkung:

Wie wenig ist solchen Aeusserungen zu glauben. Als ich gleich nach Erschein[en] der Theorie an Gauss schrieb ich hoffe sein Wohnen bei [mir] + Beschäft[igung] mit meiner Boussole v. Gambey habe ihn [angeregt] antwortete er erheitert Er habe das schon früher im Kopf gehabt!! (Anhang 4, Briefzitat, S. 3).

Die in der jüngsten Zeit zusammengestellten Dokumente beweisen aber, dass Humboldt keinen Grund hatte, an Gauß' Äußerung zu zweifeln (Reich 2011, siehe Kap. 3.3).

3.3 Die Anfänge von Gauß' erdmagnetischen Beobachtungen

Im Jahre 1826 kam Alexander von Humboldt nach Göttingen, wo er Gauß einen ersten Besuch abstattete. Auf dem Hainberg unternahm man gemeinsam Messungen mit einem Inklinatorium. Als Gauß im September 1828 an der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Berlin teilnahm, war er Humboldts persönlicher Gast. Auch hier stellte man wieder gemeinsam erdmagnetische Beobachtungen an. Humboldt glaubte doch nach Gauß' Besuch in Berlin im Jahre 1828, dass er, Humboldt, es gewesen sei, der Gauß zur Beschäftigung mit dem Erdmagnetismus angeregt habe: „Ich träume, daß meine Bitten, die Versuche, die Sie in meinem Hause mit Auffindung der Incl[ination] durch 3 oder 6 Extra-Meridian-Beobachtungen machten, mitgewirkt haben zu dem Entschlusse, diesen verworrenen Theil der Physik aufzuklären.“ Als Gauß dies verneinte, verstummte Humboldt Gauß gegenüber für die nächsten drei Jahre (Briefwechsel Humboldt–Gauß 1977, S. 44 und 46; siehe auch Knobloch 2010, S. 11–12).

Diese Tagung in Berlin hatte es in sich, denn Gauß lernte bei dieser Gelegenheit Wilhelm Weber, Gustav Peter Lejeune Dirichlet (1805–1859) und Charles Babbage

kennen und schätzen. Oersted leitete bei der Tagung die „chemisch-physikalische Abtheilung“, in deren Rahmen Weber einen Vortrag hielt (Amtlicher Bericht 1829, S. 17 und 35). Oersted selbst trug „Ueber den Magnetismus electricischer Ströme“ vor (Oersted 1829).

Im Jahre 1829 kam der belgische Mathematiker, Physiker und Astronom Adolphe Quetelet (1794–1855) nach Göttingen, um Gauß einen Besuch abzustatten. Die beiden Wissenschaftler unternahmen gemeinsam erdmagnetische Beobachtungen (Reich 2012, S. 233–234).

Als Gauß 1828 den jungen Physiker Wilhelm Weber in Berlin kennenlernte, war dieser Außerordentlicher Professor an der Universität Halle. Er hatte sich vor allem mit Akustik beschäftigt und hierzu mannigfache Arbeiten veröffentlicht. Als Weber nicht ohne Gauß' Zutun im Herbst 1831 nach Göttingen als Nachfolger von Johann Tobias Mayer berufen wurde, begann eine neue Epoche in Gauß' Schaffen. Es war die Physik, der Gauß in Zukunft seine wissenschaftliche Schaffenskraft widmete. Es passte hervorragend ins Bild der Zeit, dass Michael Faraday (1791–1867) eben im Herbst 1831 das Induktionsgesetz entdeckte (Faraday 1832). Dieses Gesetz stellte die Umkehrung des epochemachenden Oerstedschen Experimentes aus dem Jahre 1820 dar. Gauß und Weber konnten alsbald (1833) eine erste Anwendung des Induktionsgesetzes vorstellen, nämlich die elektromagnetische Telegraphie. Ferner erreichten Gauß und Weber, dass sich Göttingen innerhalb kurzer Zeit zu einem Zentrum für die Erforschung des Erdmagnetismus entwickelte. Göttingen nahm auf diesem Gebiet von 1834 bis 1843 eine Spitzenstellung ein, das waren die „goldenen Jahre des Göttinger magnetischen Vereins“.

Als die Zusammenarbeit zwischen Gauß und Weber begann, war Hansteen bereits ein hochangesehener Fachwissenschaftler auf dem Gebiet des Erdmagnetismus. Gauß bemerkte in seinem ersten Brief an Hansteen vom 29. Mai 1832: „Um so schätzbarer ist es mir nun, mit Ihnen in Verbindung zu treten, dem dieser Zweig der Naturkunde so ungemein viel verdankt, und der mit allen Thatsachen vertrauter ist, als irgend ein anderer“ (Brief Nr. 2, S. 1). Vor dem Jahr 1832 jedoch waren weder Gauß noch Weber auf dem Gebiet des Elektromagnetismus und dem des Erdmagnetismus wissenschaftlich in nennenswerter Weise tätig gewesen. Diese Gebiete waren für beide Neuland. Es traf sich günstig, dass sich zur gleichen Zeit in Göttingen drei hochmotivierte Studenten einfanden, die sich von Anfang an für die Erforschung des Erdmagnetismus begeisterten. Diese Studenten waren Goldschmidt, Sartorius von Waltershausen und Listing.

Benjamin Goldschmidt (1807–1851) immatrikulierte sich 1828 bzw. 1830 an der Universität Göttingen und wurde bereits 1831 promoviert. Goldschmidt wurde im Jahre 1835 an der Göttinger Sternwarte Observator und 1844 Außerordentlicher Professor. Leider verstarb er früh im Jahre 1851. Was den Erdmagnetismus anlangt, so begleitete Goldschmidt die Göttinger Beobachtungen von Anfang an. Er war auch noch weiterhin tätig, als Weber 1843 Göttingen verlassen hatte und Gauß nicht mehr auf physikalischem Gebiet arbeitete. Wolfgang Sartorius von Waltershausen (1809–

1876) und Johann Benedikt Listing (1808–1882) immatrikulierten sich beide im Jahre 1830 an der Universität Göttingen. Sie unternahmen in den Jahren von 1834 bis 1837 gemeinsam eine Italienreise, die vor allem erdmagnetischen Messungen gewidmet war (Reich 2012, S. 246–260). Ab dem Wintersemester 1832/33 bis zum Jahr 1843 hielt Gauß regelmäßig Vorlesungen über die Phänomene des Erdmagnetismus und dessen Beobachtungen (ebenda, S. 236).

Von Anfang an spielten für Gauß Hansteens isodynamische Karten eine wichtige Rolle. Am 3. März 1832 schrieb Gauß an seinen Freund Schumacher in Altona in aller Ausführlichkeit darüber. Da diese Briefstelle von erheblicher Bedeutung ist, soll sie hier wiedergegeben werden:

Jetzt lassen Sie mich Ihnen noch einiges Wissenschaftliche schreiben. Ich bin, wie Sie leicht denken können, zu wissenschaftlichen Arbeiten lange Zeit wenig aufgelegt gewesen,⁷³ habe aber doch in der letzten Zeit ein ziemlich lebhaftes Interesse für einen Gegenstand gewonnen, oder vielmehr erneuert, denn von jeher habe ich denselben als einen sehr reichhaltigen betrachtet, aber erst jetzt ist mir alles, was mir früher darin dunkel war, in grosse Klarheit getreten. Dies ist der Erdmagnetismus, und ich möchte wohl Ihre Verwendung ansprechen, um einen Wunsch in Erfüllung gehen zu sehen. Der vortreffliche Hansteen hat uns vor einiger Zeit eine Karte der isodynamischen Linien geliefert, und hoffentlich haben wir von demselben auch bald neue Declinations- und Inclinationskarten zu erwarten. Dadurch werden dann die magnetischen Erscheinungen vollständig dargestellt, und für die meisten Personen wird die Darstellung in dieser Form am angenehmsten sein (Briefwechsel Gauß–Schumacher 1860–1865: 2, S. 295–296, Gauß-Werke: 11,1, S. 73–74; sowie Brief Nr. S).

Schumacher fädelte es nun ein, dass Hansteen am 14. April 1832 einen ersten Brief an Gauß schrieb. Aus diesen Anfängen entspann sich ein lebhafter Briefwechsel. Allein im Jahre 1832 wanderten zwei Briefe von Christiania nach Göttingen und zwei Briefe von Göttingen nach Christiania.

Am 15. Dezember 1832 präsentierte Gauß in der Königlichen Societät der Wissenschaften zu Göttingen erste Ergebnisse, die noch im Dezemberheft der „Göttingischen Gelehrten Anzeigen“ veröffentlicht wurden. Es handelte sich um seine bahnbrechende Abhandlung „Intensitas vis magneticae terrestres ad mensuram absolutam revocata“. Nachdem Gauß dargelegt hatte, dass für den Erdmagnetismus die drei Größen Deklination, Inklination und Intensität von entscheidender Bedeutung seien, führte er aus:

Die ersten Aufklärungen über die Intensität des Erdmagnetismus verdanken wir Herrn von Humboldt, welcher auf allen seinen Reisen ein Hauptaugenmerk darauf gerichtet, und eine sehr grosse Menge von Beobachtungen geliefert hat, aus denen sich die allmähliche Abnahme [Korrekt: Zunahme]⁷⁴ dieser Intensität, von dem magnetischen Aequator der Erde nach den Polen

⁷³ Im Jahre 1830 war Gauß' dritter Sohn Eugen nach Amerika ausgewandert. Am 12. September 1831 war Gauß' zweite Frau Minna gestorben.

⁷⁴ In den „Göttingischen Gelehrten Anzeigen“ wie auch in den Gauß-Werken steht „Abnahme“ anstelle von „Zunahme“, was falsch ist. Gauß korrigierte diesen Fehler in einer verbesserten Version,

zu, ergeben hat. Sehr viele Beobachter sind seitdem in die Fusstapfen jenes grossen Naturforschers getreten, und ein Schatz von Beobachtungen aus fast allen Theilen der Erdoberfläche, wohin in neuester Zeit wissenschaftliche Reisende gekommen sind, liegt vor, worauf der um die Kenntniss des Erdmagnetismus hochverdiente Hansteen bereits den Versuch einer allgemeinen isodynamischen Karte hat begründen können (Gauß 1832, S. 2042, Gauß-Werke: 5, S. 293–294).

Und in der von Johann Christian Poggendorff (1796–1877) veröffentlichten Übersetzung der in lateinischer Sprache verfassten Langversion, die 1833 in den „Annalen der Physik und Chemie“ erschienen war, kann man lesen:

Die vielen Physiker, welche in die Fusstapfen dieses Naturforschers [Humboldts] getreten sind, haben eine solche Fülle von Beobachtungen herbeigeschafft, daß der um den Erdmagnetismus so verdiente Hansteen bereits im Stande gewesen ist, darnach eine Karte der isodynamischen Linien zu entwerfen (Gauß 1833, S. 242).

Was eine Analyse von Gauß' „Intensitas“ und deren Rezeption durch George Biddell Airy (1801–1892), Humphrey Lloyd (1800–1881) und Johann Lamont (1805–1879) anbelangt, so vergleiche man die Studie von James G. O'Hara (O'Hara 1984). Ferner widmete David Brewster Gauß' „Intensitas vis magneticae terrestri ad mensuram absolutam revocata“ besondere Aufmerksamkeit in seinem „Treatise on Magnetism“:

His [Gauss'] object is to impart to magnetical observations the accuracy of astronomical ones. By observing the oscillations of a magnetised bar, he finds the product of the horizontal intensity of the earth's magnetism, and the static momentum of the free magnetism of the bar; and by eliminating the latter from the two equations, he obtains an absolute measure of the former, independent of the magnetism of the bar (Brewster 1837, S. 65).

Des Weiteren erwähnte Brewster zahlreiche Details aus Gauß' Arbeit. Brewsters Ausführungen fanden Eingang in die 7. Auflage der „Encyclopaedia Britannica“, die 1842 erschien.

Gauß trug Sorge dafür, dass Hansteen ein Exemplar eines Vorabdrucks seiner „Intensitas“ erhielt, denn am 3. Mai 1833 ließ er seinen Freund Schumacher wissen:

Ich habe in diesen Tagen einige Abdrücke meiner Intensitas Vis magneticae terrestri erhalten, und bitte das Eine der beiliegenden Exemplare mit gewohnter Freundlichkeit anzunehmen. Dass ich mir die Freiheit nehme, noch zwei andere, resp. für die K. Societät in London und für Herrn Hansteen bestimmte, beizulegen, beruht auf der Voraussetzung, dass Sie von Zeit zu Zeit eine Gelegenheit dergleicher Sendungen dahin zu machen, haben, die mir ganz abgeht (Briefwechsel Gauß–Schumacher 1860–1865: 2, S. 336).

Nachdem sich Hansteen nicht gemeldet hatte schrieb Gauß am 21. Februar 1834 abermals an Schumacher:

die in den „Astronomischen Nachrichten“ veröffentlicht wurde (Bd. 10, 1833, Nr. 238, Sp. 350 „Zunahme“).

Ich bin noch in Ungewissheit, ob Sie meine Schrift über Erdmagnetismus, die ich Ihnen im Frühjahr nebst zwei andern Exemplaren an Hansteen und die R[oyal] S[ociety] zuzuschicken mir die Freiheit nahm, da ich auch von Herrn Hansteen seit langer Zeit nichts gehört habe (Briefwechsel Gauß–Schumacher 1860–1865: 2, S. 349).

Schumacher antwortete jedoch, dass die Exemplare von Gauß' *Intensitas* unverzüglich an die Royal Society und an Hansteen abgegangen seien (ebenda, S. 351).

Die Sendung von Gauß' „*Intensitas*“ an Hansteen war wohl längere Zeit unterwegs gewesen, denn erst am 14. Juli 1834 äußerte sich der Empfänger zu ihr: „Ihre Abhandlung über die absolute Bestimmung der magnetischen Intensität habe ich mit derselbigen Bewunderung durch studiert, als der mit welcher man ein Kunstwerk betrachtet. Es scheint mir ein wahres Kunststück von Beobachtungskunst und Calcule zu seyn“ (siehe Brief Nr. 6, S. 2).

Die eigentliche Veröffentlichung der Langversion von Gauß' „*Intensitas*“ in lateinischer Sprache kam erst im Jahre 1841 zustande (Gauß 1841a).

3.4 Das magnetische Observatorium in Göttingen

3.4.1 Beginn der Aktivitäten von Alexander von Humboldt und François Arago

Das magnetische Observatorium in Göttingen hatte Vorläufer. Vor allem ist hier der Name Alexander von Humboldts zu nennen. Der Pariser Astronom François Arago und Humboldt hatten sich 1809 in der französischen Hauptstadt kennengelernt und damit begonnen, sich für den Erdmagnetismus zu interessieren. Ab 1816 wurde von beiden im Observatoire de Paris regelmäßig die tägliche Variation mit einer speziellen Boussole beobachtet. Seit 1823 gab es ein spezielles Häuschen auf dem Observatoriumsgelände, das ganz aus Holz und ohne Eisen errichtet worden war und in dem die magnetischen Versuche und Beobachtungen stattfanden. Es war dies das erste magnetische Observatorium, das je erbaut worden war. Arago wurde 1825 für seine Forschungen über den Magnetismus mit der Copley-Medaille ausgezeichnet.

Humboldt kehrte 1827 nach Berlin zurück, wo er alsbald versuchte, im Garten des Anwesens der mit ihm befreundeten Familie Mendelssohn in der Leipziger Straße 3 ein neues magnetisches Observatorium zu errichten. Dieses existierte etwa neun Jahre lang, von 1827 bis 1836. Dann wurde es abgerissen, weil der Garten anderweitig genutzt werden sollte (Briefwechsel Humboldt–Gauß 1977, S. 50).

3.4.2 Erste magnetische Observatorien in Russland

Bereits seit 1825 versuchte man auch in der damals östlichsten Universität Europas, in der russischen Stadt Kasan, ein magnetisches Observatorium zu errichten. Die Initia-

toren waren Adolph Theodor Kupffer und Ivan Michajlovič Simonov. Beide wurden in den Jahren 1823/1824 in Paris von Arago und Humboldt in die Pläne, den Erdmagnetismus systematisch zu erforschen, eingeweiht. Spätestens 1828 war das magnetische Observatorium in Kasan einsatzbereit (Reich/Roussanova 2011, S. 68–69) und leistete einen wichtigen Beitrag für die zwischen Paris bzw. Berlin und Kasan vereinbarten korrespondierenden, d. h. synchronen Beobachtungen.

Als Kupffer 1828 einen Ruf an die Kaiserliche Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg angenommen hatte, trug er dafür Sorge, dass auch in der russischen Hauptstadt ein magnetisches Observatorium eingerichtet wurde. Ein solches, das sich hinter der Mauer der Peter-Paul-Festung befand, wurde bereits 1830 fertiggestellt (ebenda, S. 70).

3.4.3 Der Bau des magnetischen Observatoriums in Göttingen (1833)

In Göttingen hatten Gauß und Weber zunächst auf der Sternwarte magnetische Beobachtungen angestellt, bevor der Bau des magnetischen Observatoriums Ende des Jahres 1833 beendet war (Abb. 25). Im Januar 1834 konnte diese neue Institution in Betrieb genommen werden. Gauß beschrieb sie wie folgt:

Das Magnetische Observatorium, auf einem freyen Platze, etwa hundert Schritt westlich von der Sternwarte errichtet, ist ein genau orientiertes längliches Viereck von 32 Par[iser] Fuß⁷⁵ Länge und 15 Fuß Breite, mit zwey Vorsprüngen an den längeren Seiten; der westliche Vorsprung bildet den Eingang, und dient zugleich bey gewissen Beobachtungen als Erweiterung des HauptsaaIs; der östliche Vorsprung, vom Hauptsaal ganz geschieden, dient zum Aufenthalt des Nachtwächters der Sternwarte. Im ganzen Gebäude ist ohne Ausnahme alles, wozu sonst Eisen verwandt wird, Schlösser, Thürangeln, Fensterbeschläge, Nägel u. s. w. von Kupfer. Für Abhaltung alles Luftzuges ist nach Möglichkeit gesorgt. Die Höhe des SaaIs ist etwas über 10 Fuß (Gauß 1834, S. 1266; vgl. Gauß-Werke: 5, S. 520).

Von größter Bedeutung waren die von Gauß und Weber neu entwickelten Instrumente, insbesondere das neue Magnetometer, das nunmehr in dem neuen Gebäude erst voll einsetzbar war. In aller Ausführlichkeit beschrieb Gauß die ersten in dem neuen Etablissement (vgl. Abb. 26) angestellten Beobachtungen (Gauß 1834, siehe hierzu auch Good 2008, S. 295).

In Russland zog man aus diesem Göttinger Neubau sofort die nötigen Konsequenzen und sorgte für den Bau eines neuen magnetischen Observatoriums in St. Petersburg. Dieses wurde im Jahre 1834 auf dem Gelände des Instituts der Bergingenieure fertiggestellt und war mit neuen, von Gauß und Weber entwickelten Instrumenten ausgestattet (Reich/Roussanova 2011, S. 70, 100–104).

⁷⁵ 1 Pariser Fuß = 32,48 cm.



Abb. 25: Blick auf die Sternwarte und auf das magnetische Observatorium (links) in Göttingen. Zeichnung von Friedrich Adolf Hornemann vor 1854, gestochen von E. Wagner. Privatbesitz von Klaus Beuermann, Göttingen.

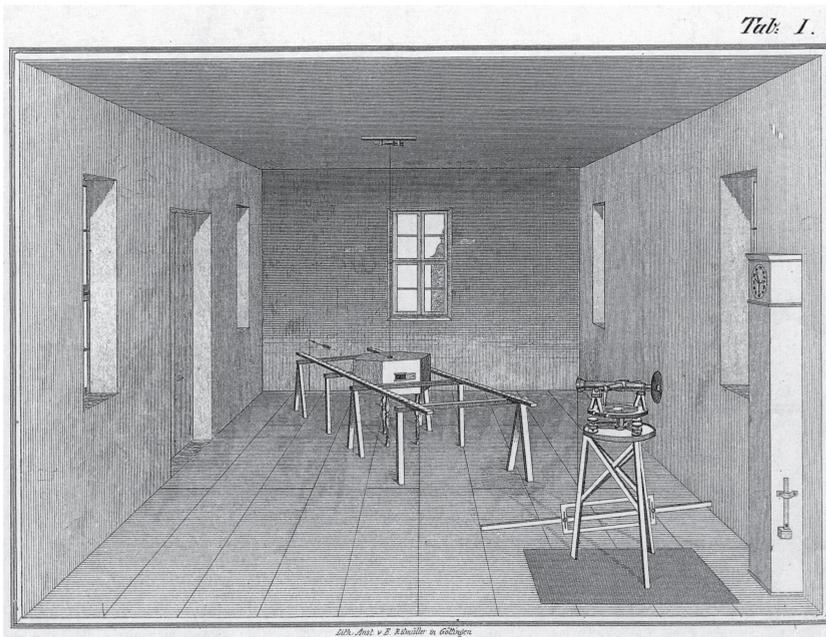


Abb. 26: Der Beobachtungsraum im magnetischen Observatorium in Göttingen. Aus: „Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1836“, Göttingen 1837, Tafel I. Exemplar der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen.

Das magnetische Observatorium in Göttingen war der Anlass dafür, dass in der Folgezeit an zahlreichen Orten in vielen Ländern weitere magnetische Observatorien nach dem Göttinger Vorbild errichtet und mit von Gauß und Weber entwickelten Instrumenten ausgestattet wurden.

3.5 Gauß und Oersted

Hans Christian Oersted war bereits im Jahre 1820 „for his electro-magnetic discoveries“ mit der Copley-Medaille ausgezeichnet worden, also unmittelbar nach seiner Entdeckung des Elektromagnetismus (Oersted 2011, S. XV). Der Name Oersted fiel im Briefwechsel zwischen Gauß und Schumacher erstmals am 11. Januar 1821, und zwar im Zusammenhang mit Gauß' Arbeit „Allgemeine Auflösung der Aufgabe: die Theile einer gegebenen Fläche auf einer andern gegebenen Fläche so abzubilden, dass die Abbildung dem Abgebildeten in den kleinsten Theilen ähnlich wird“.⁷⁶ Dieses Thema war als Preisaufgabe der Königlich Dänischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Kopenhagen angekündigt worden. Oersted hatte den Titel sowohl ins Dänische als auch ins Lateinische übersetzt (Briefwechsel Gauß–Schumacher 1860–1865: 1, S. 202). Tatsächlich reichte Gauß Ende des Jahres 1822 seine Arbeit in Kopenhagen ein. Er erhielt den von der Akademie ausgesetzten Preis zuerkannt, eine Medaille im Wert von 50 Dukaten. Nunmehr aber ließ Gauß am 23. Juli 1823 seinen Freund Schumacher wissen:

so haben die Krankheit meiner Frau [...] und einige bedeutende Verluste [sic], die erlitten zu haben ich heute benachrichtigt werde, mich in meinen Finanzen so derangirt, dass ich den Luxus, eine Medaille aufzubewahren, mir nicht verstatten darf. Sollten Sie daher demnächst nach Empfang der Medaille, solche, ohne dass es Ihnen viele Mühe macht und ohne zu grossem Verlust, in klingende Münze verwandeln können, so werde ich dieses mit Dank erkennen, da dies hier nur mit sehr grossem Verlust geschehen könnte. Es versteht sich, dass die Societät davon nichts zu wissen braucht (Briefwechsel Gauß–Schumacher 1860–1865: 1, S. 317).

Am 17. Oktober 1823 teilte Schumacher Gauß' Ehefrau Minna mit:

Die Preismedaille des Herrn Hofrath konnte ich hier nur für CVM  268 verkaufen, also unter dem Werthe. Das wollte ich nicht und schrieb unter der Hand an Oerstedt [sic], und ersuchte ihn mir den richtigen Werth zu senden. Er hat mir geantwortet, er wolle mir 50 Stück Ducaten in natura senden (Gerardy 1969, S. 28).

Bereits am 1. Mai 1821 war Gauß Mitglied der Königlich Dänischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Kopenhagen geworden. Das entsprechende Dokument, das

⁷⁶ Die Schrift wurde 1825 veröffentlicht (Gauß 1825).

sich heute im Stadtarchiv Braunschweig befindet, war von Oersted unterschrieben worden, der damals als Sekretär dieser Gesellschaft fungierte.⁷⁷

Gauß und Oersted trafen sich erstmals im Hause von Schumacher in Altona, und zwar im Mai 1827. Dort traf Oersted zunächst auf Alexander von Humboldt, den er aber schon von einem Aufenthalt in Paris im Jahre 1823 her kannte. Nach Humboldts Abreise kam Gauß nach Altona. Oersted berichtete seiner Frau am 22. Mai 1827:

I shall remain at home today until around midday so that I can attend to some letters and perhaps receive the famous mathematician Gauss, who is expected today.

Schon eine Woche später, am 29. Mai 1827, teilte Oersted mit:

Lately, I have been almost constantly with Schumacher and Gauss. The company of this great mathematician is much to my liking (Oersted 2011, S. 365–367).

Oersted schrieb seiner Frau auf Dänisch, hier ist aus der Übersetzung ins Englische zitiert.

Wie bereits erwähnt, nahmen sowohl Gauß als auch Oersted im September 1828 an der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Berlin teil. Oersted berichtete darüber seiner Frau zahlreiche Details, darunter am 26. September 1828:

Wednesday the usual business. At dinner they drank a toast to Berzelius, then to me, [...] and one toast to Gauss. I mention this to you because I know that it pleases you that such a large gathering shows me such honour. Berzelius, Gauss and I are everywhere treated with the most excellent courtesy (Oersted 2011, S. 376).

Nachdem sich nunmehr auch Gauß und Weber in der Folgezeit mit dem Erdmagnetismus und dem Elektromagnetismus zu beschäftigen begannen, wurde die Bekanntschaft mit Oersted für beide Göttinger Gelehrten wissenschaftlich hochinteressant. So teilte Gauß in einem Brief vom 29. Mai 1832 Hansteen mit:

Es scheint mir nicht, daß die Oerstedtsche [sic] Entdeckung und deren weitere Entwicklungen uns berechtigen, noch weniger zwingen, von der Voraussetzung abzugehen, daß die Erscheinungen des Erdmagnetismus zur Hauptursache Anziehungen und Abstoßungen haben, die von (sehr unregelmäßig vertheilten) magnetisch polarisirten Molecüles des festen Erdkörpers ausgehen und deren Intensitäten in Beziehung auf jedes Molecül dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional sind. Meiner Meinung nach bestätigt sich dies Gesetz überall auf das schönste, und in seiner Art eben so gut wie das Gesetz der Gravitation in den astronomischen Phänomenen. Wie unregelmäßig nun auch jene Molecüles vertheilt sein mögen, so weist doch die Analyse gewisse Bedingungen oder Relationen nach, die zwischen den magnetischen Erscheinungen auf der Erdoberfläche Statt finden müssen, lediglich schon in Folge der Voraussetzung, daß jene Phänomene nur die Gesamtwirkung von Elementaren Anziehungen u[nd] Abstoßungen nach obigem Gesetze sind. [...] Meine Absicht geht nun dahin, die magnetischen Erscheinungen auf der

77 Stadtarchiv Braunschweig, Sign. G IX 21 : 43.14.

Erdoberfläche bloß aus jenem Gesichtspunkte auf= u[nd] so zu sagen in Eine Formel zusammenzufassen, die freilich, um sich an alle solche Anomalien anzuschließen, die nicht bloß örtlich, d. i. auf eine kleine Fläche beschränkt sind, viele Glieder wird enthalten müssen ungefähr wie die Mondstafeln aus einer großen Anzahl Gleichungen bestehen. Eine Hypothese von zwei oder vier Polen, die ich nach dem obigen nicht angemessen halten kann, wird also ausgeschlossen; aber das ganze Geschäft wird auf eine streng geregelte Art durchzuführen sein, so bald nur die Thatsachen in einer dazu bequemen Form vorliegen. Dies muß aber, zu diesem Zweck, die Form der drei partiellen Kräfte gegen Nadir, (Nord- u[nd] Westpunkt jedes Orts) sein (Brief Nr. 2, S. 1).

Genau diese Passage aus Gauß' Brief teilte Hansteen in einem Brief vom 11. März 1834 auch Hans Christian Oersted mit (Correspondance Oersted 1920: 1, S. 159–160).⁷⁸

Selbstverständlich informierte auch Schumacher Oersted über Gauß' erdmagnetische Aktivitäten, so dass Oersted für den Juli 1834 einen Besuch bei Gauß in Göttingen in Erwägung zog. Es war zunächst geplant, dass auch Hansteen an diesem Besuch teilnehmen sollte (Briefwechsel Gauß–Schumacher 1860–1865: 2, S. 354–355). Gauß antwortete nämlich am 25. Mai 1834, „dass es mich sehr freuen wird, die Herren Oersted und Hansteen hier zu sehen, dass ich mit grösstem Vergnügen ihnen alles was meine Erfahrung in Beziehung auf die magnetischen Einrichtungen an die Hand gegeben hat, mittheilen werde“ (ebenda, S. 355). Auch seinen ehemaligen Schüler Franz Encke (1791–1865), der seit 1825 Direktor der Akademiesternwarte in Berlin war, ließ Gauß am 14. Juni 1834 wissen: „Schumacher zeigt mir an, dass Oerstedt [sic] die Absicht habe, im Laufe des Sommers, vielleicht in Gesellschaft von Hansteen auch hieher zu kommen“ (Gauß-Werke: 11,1, S. 91).

Am 12. Juli 1834 meldete sich Oersted persönlich bei Gauß. Es ist dies der erste erhaltene Brief von Oersted an Gauß:

Theuerster Freund,

Unser Freund Schumacher hat Ihnen schon angezeigt, dass ich hoffe die Freude zu haben, Sie bald zu sehen, und mich durch ihren eignen freundschaftlichen Unterricht mit Ihren magnetischen Unternehmungen betraut zu machen hoffe. Nach dem die Sache Ihnen so von unserm Freunde vermittelt worden, habe ich nur hinzuzufügen, dass ich die schöne Gelegenheit mit wahrer Freude ergreiffe, und d. 14 Kopenhagen verlassen werde, um über Altona nach Goettingen zu gehen.

Mit der innigsten Hochachtung

Ihr ergebenster H. C. Oersted (Correspondance Oersted 1920: 2, S. 621).

Leider konnte Hansteen Oersted nicht nach Göttingen begleiten (vgl. Briefwechsel Gauß–Schumacher 1860–1865: 2, S. 356). Hansteen entschuldigte sich dafür bei Gauß in einem Brief vom 14. Juli 1834:

⁷⁸ Der umfangreiche Brief von Hansteen an Oersted vom 11. März 1834 ist in dänischer Sprache geschrieben (Correspondance Oersted 1920: 1, S. 157–162), aber die Zitate aus dem Brief von Gauß – es sind mehrere – wurden in deutscher Sprache wiedergegeben.

Wie sehr muß ich bedauern, daß die Umstände mir nicht erlauben, H^{em} Etatsrath Ørsted nach Göttingen zu begleiten. [...]. H^r Etatsrath Ørsted hat versprochen mein Intensitäts-Apparat nach Göttingen mitzubringen, damit man eine unmittelbare Vergleichung zwischen der Göttinger Intensität und meiner großen Sibirischen Beobachtungs-Reihe erhalten [sic] könne (siehe Brief Nr. 6, S. 2–3).

Gauß berichtete im folgenden Brief vom 3. August 1834 Hansteen ausführlich über Oersteds Besuch und kam, was die gewünschten Beobachtungen anbelangt, Hansteens Bitte so weit wie möglich nach (siehe Brief Nr. 7). Hansteen erwähnte diese in Göttingen im Jahre 1834 mit seinem „Cylinder“ gemachten Beobachtungen abermals in einem Brief an Gauß am 14. Mai 1839 (Brief Nr. 8, S. 8).

Was Gauß und Oersted anbelangt, so entspann sich im Anschluss an den Besuch ein reger Briefwechsel, der bisher leider nur teilweise publiziert ist⁷⁹ (Correspondance Oersted 1920 : 2, S. 347–353, 623–631).

Den veröffentlichten Briefen kann man entnehmen, dass Oersted nun seinerseits ganz dem Wunsche von Gauß entsprechend erdmagnetische Beobachtungen anstellte, und zwar zunächst im physikalischen Kabinett, später in einem eigenen magnetischen Observatorium, das Anfang des Jahres 1835 fertiggestellt war. Dieses beschreibt er wie folgt:

Unser hiesiges magnetisches Observatorium hat nicht alle erwünschte Vollkommenheiten; mag aber zur Beobachtung der Veränderungen des Magnetismus vollkommen genügen. [...] Das Gebäude ist ohngefähr 11 Ellen lang und etwas über 4 Ellen breit. Es ist aus Brettern aufgeschlagen, nur mit einem Dache aus Zink. Der Fussboden steht auf Pfählen, so dass keine Feuchtigkeit sich ansameln kann. Es hat keine Fenster, sondern wir beobachten immer bei Lampenschein, welches uns eine sehr grosse Deutlichkeit giebt. Die Lampen sind aus Kupfer. In einem ganz kleinen Entree steht eine Glühlampe zum anzünden. Die Schnelligkeit des Anzündens wird durch ein wenig auf die Dochte getropfteltes Terpenthinoel befördert (Correspondance Oersted 1920 : 2, S. 627).

Oersted schickte seine Beobachtungsdaten nun regelmäßig an Gauß, so etwa am 24./25. September, am 5./6. November und am 2./3. Dezember 1834, sowie am 3./4. Februar und am 3./4. März 1835 (Correspondance Oersted 1920 : 2, S. 623–625), ferner am 1. April 1835 (Gauß 1835a).

Eine besondere Geschichte erlebten die Daten vom 5./6. November 1834 (vgl. Abb. 27). Schumacher wusste in seinem „Jahrbuch für 1836“ zu berichten:

Zu Herrn Hofrath Gauss's Aufsatz „Erdmagnetismus und Magnetometer“ (Gauß 1836)] habe ich die graphische Darstellung der merkwürdigen gleichzeitigen Variationen der Magnetnadel, welche am 5. und 6. November 1834 in Copenhagen und Mailand beobachtet wurden, aus den astronomischen Nachrichten (Nr. 276) beigelegt. Diese Beobachtungen, die das merkwürdigste bisher durch gleichzeitige Beobachtungen erhaltene Resultat geliefert haben, verdanken wir dem Zufalle, dass Herr Etatsrath Oerstedt [sic] in Copenhagen, und die Herren Sartorius, Listing und

⁷⁹ Eine Edition des Briefwechsels von Oersted mit Gauß und Weber wird von Karin Reich vorbereitet.

Kreil in Mailand noch nicht die Nachricht von der durch Herrn Hofrath Gauss gemachten Abänderung des früheren Termins erhalten hatten, und deshalb über den jetzt bestimmten Termin hinaus beobachteten. Die Uebereinstimmung der Abweichungen an zwei mehr als 150 Meilen von einander entfernten Orten, ist in der That überraschend, wie der blosse Anblick der beige-fügten Kupfertafel hinreichend zeigt. Dass im Allgemeinen die Curve für Mailand viel krauser erscheint, als die für Copenhagen, erklärt sich übrigens von selbst durch den Umstand, dass an ersterem Orte alle 5 Minuten, an letzterm alle 10 Minuten beobachtet wurde; bei den längern Zwischenzeiten mussten folglich manche kleinere und schneller wechselnde Anomalien unbemerkt bleiben (Schumacher 1836, S. IV).

Ferner teilte Gauß seinem Freund Schumacher am 30. Dezember 1834 alle seine Vorbehalte für bzw. gegen diese Beobachtungen mit (Briefwechsel Gauß–Schumacher 1860–1865: 2, S. 376–378).

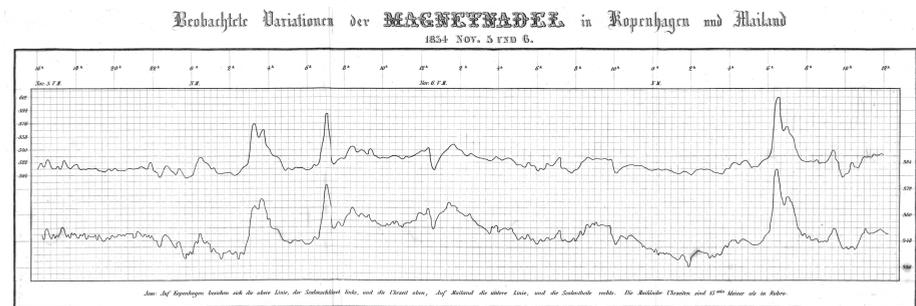


Abb. 27: Korrespondierende Beobachtungen am 5. und 6. November 1834: „Beobachtete Variationen der Magnetnadel in Kopenhagen und in Mailand“. Aus: Gauß 1835b (abgedruckt auch in Gauß 1836). Exemplar der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen.

In der Folgezeit beteiligte sich Oersted regelmäßig mit Beobachtungen zu den von Gauß festgelegten Terminen. Die Beobachtungen aus Kopenhagen gehörten zum festen Bestand der „Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins“ in Göttingen.

3.6 Gauß' Begeisterung für Hansteens Karten

Gauß schätzte Hansteens Kartenwerk in besonderem Maße. Die in den „Astronomischen Nachrichten“ veröffentlichte Karte von Hansteen (Hansteen 1831c) bezeichnete Gauß als „schöne Arbeit“ und sprach über sie mit folgenden warmen Worten, wobei er zugleich eine Bitte äußerte:

Im 9^{ten} Bande der A[stronomischen] N[achrichten] hat dieser hochverdiente Naturforscher uns auch mit einer allgemeinen Karte für die ganze Intensität beschenkt. So dankbar man diese schöne Arbeit anerkennen muß, so kann ich doch die Bemerkung nicht unterdrücken, daß eine

allgemeine Karte für die horizontale Intensität in vielfacher Hinsicht noch ungleich nützlicher sein würde, namentlich auch in Verbindung mit einer zuverlässigen allgemeinen Declinationskarte, zu einer durchgreifenden Begründung einer allgemeinen Theorie. Zu diesem Zweck ist die Bestimmung der magnetischen Kraft durch Angabe der ganzen Intensität, Inclination und Declination (die man wohl als die einfachste Wahl der Elemente zu betrachten gewohnt ist), gerade die am wenigsten brauchbare. Die weitere Entwicklung dieser Behauptung, die vielleicht manchem paradox scheinen könnte, muß ich mir aber für einen andern Ort vorbehalten. Möchte nur jener Naturforscher uns aus der Fülle seiner gesammelten Schätze bald mit jenen Erfordernissen beschenken (Gauß 1835b, Sp. 187; Gauß-Werke: 5, S. 538–539).

Es soll hier nicht unerwähnt bleiben, dass nicht nur Gauß zu den großen Bewunderern von Hansteens Kartenwerk zählte. So äußerte sich z.B. auch der in Paris wirkende Physiker Antoine César Becquerel (1788-1878) sehr ausführlich über Hansteens Beiträge zum Erdmagnetismus sowie insbesondere über Hansteens Kartenwerk (Becquerel 1846, S. 418–420).

3.7 Die „Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins“

Die großflächig angestellten korrespondierenden (d. h. zeitlich synchronen) Beobachtungen waren für die Erforschung des Erdmagnetismus von substantieller Bedeutung. Nachdem Gauß die korrespondierenden Beobachtungen aus den Jahren 1834 und 1835 in den „Annalen der Physik und Chemie“ sowie in den „Astronomischen Nachrichten“ veröffentlicht hatte und die Anzahl der Teilnehmer an dem Verein schnell anwuchs, war es an der Zeit, dass in Göttingen eine neue Zeitschrift ins Leben gerufen wurde. Dies waren die „Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins“, deren erster Band für das Jahr 1836 im Jahre 1837 erschien. Am 12. November 1836 berichtete Gauß seinem Freund Schumacher:

Es sind jetzt Anstalten getroffen, dass die Resultate der magnetischen Termine regelmässig publicirt werden. Zuerst Ein Jahrgang auf einmahl 1836, einschliesslich November-Termin 1835. Künftig dann jeden Termin sogleich (Briefwechsel Gauß–Schumacher 1860–1865: 3, S. 128).

Insgesamt kamen sechs Bände der „Resultate“ heraus. Der letzte Band für das Jahr 1841 erschien etwas verspätet im Jahre 1843. In den „Resultaten“ wurden stets auch wissenschaftliche Beiträge publiziert. Das Kernstück der Zeitschrift waren jedoch die korrespondierenden Beobachtungen, d. h. die Registrierung und Auswertung aller in Göttingen bei Gauß und Weber eingegangenen Beobachtungsdaten, die einzelne Beobachtungsstationen oder einzelne Beobachter aus aller Welt nach Göttingen geschickt hatten. Insgesamt waren an diesem Unternehmen 53 Beobachtungsstationen bzw. Beobachter beteiligt, wobei allerdings nicht alle Stationen zu allen Terminen ihre Daten nach Göttingen sandten. Alle Bände der „Resultate“ wurden von

Steindrucktafeln begleitet, insgesamt waren es 50. Die Hälfte dieser Tafeln war graphischen Darstellungen der korrespondierenden Beobachtungen gewidmet. Über den Umfang des in Göttingen eingegangenen Materials kann man sich auch heute noch ein gutes Bild machen. Die Handschriftenabteilung der SUB Göttingen bewahrt 15 Kartons mit der Signatur „Cod. Ms. Magn. Verein“ auf, in denen dieses Material aufbewahrt wird.

Hansteen beteiligte sich zunächst nicht an den korrespondierenden Beobachtungen. Im Band der „Resultate“ für das Jahr 1838, der 1839 veröffentlicht wurde, findet sich eine Subscribentenliste aller derjenigen Personen und Institutionen, die die „Resultate“ abonniert hatten. Der Name Hansteen fehlt hier, und auch die Sternwarte in Christiania zählte nicht zu den Abonnenten. Nach Kopenhagen jedoch gingen zwei und nach Schweden sogar sechs Exemplare.

3.7.1 Gauß' „Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus“ (1839) und Gauß' und Webers „Atlas des Erdmagnetismus“ (1840)

Am 30. November 1838 erhielt Gauß eine äußerst ehrenhafte Auszeichnung zuerkannt. Ihm wurde die von der Royal Society vergebene Copley-Medaille verliehen: „for his recent improvements in the methods of making magnetic observations, and for his theoretical investigations relative to terrestrial magnetism“ (zit. nach Wiederkehr 1982, S. 17). Dies alles geschah allerdings noch vor der Veröffentlichung von Gauß' „Allgemeiner Theorie des Erdmagnetismus“, die erst im Jahre 1839 erscheinen sollte. Diese Abhandlung gehört zweifelsohne zu Gauß' Glanzleistungen, sie stellte einen Meilenstein in der Erforschung des Erdmagnetismus dar. Die russische Geophysikerin Tat'jana Nikolaevna Roze (1914–1985) hat folgenden Vergleich angestellt: Gauß' Theorie teile die Geschichte des Erdmagnetismus in zwei Epochen ein, eine Epoche „vor Gauß“ und eine Epoche „nach Gauß“ (Reich/Roussanova 2011, S. 85).

Gauß veröffentlichte seine „Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus“ im dritten Band der „Resultate“ (Gauß 1839a). Gleich in der Einleitung machte er deutlich, was sein Ziel war und was ihn von seinen Vorgängern, darunter Hansteen, unterschied:

Vom höhern Standpunkt der Wissenschaft aus betrachtet ist aber diese möglichst vollständige Zusammenstellung der Erscheinungen auf dem Wege der Beobachtungen noch nicht das eigentliche Ziel selbst: man hat damit nur ähnliches gethan, wie der Astronom, wenn er z. B. die scheinbare Bahn eines Kometen auf der Himmelskugel beobachtet hat. Man hat nur Bausteine, kein Gebäude, so lange man nicht die verwickelten Erscheinungen Einem Princip unterwürfig gemacht hat. Und wie der Astronom, nachdem das Gestirn sich seinen Augen entzogen hat, sein Hauptgeschäft erst anfängt, gestützt auf das Gravitationsgesetz aus den Beobachtungen die Elemente der wahren Bahn berechnet, und dadurch sogar sich in den Stand setzt, den weitem Lauf mit Sicherheit anzugeben: so soll auch der Physiker sich die Aufgabe stellen, wenigstens in so weit die ungleichartigen und zum Theil weniger günstigen Umstände es verstatten, die die Erscheinungen des Erdmagnetismus hervorbringenden Grundkräfte nach ihrer Wirkungsart und nach ihren Größenwerthen zu erforschen, die Beobachtungen, so weit sie reichen, diesen

Elementen zu unterwerfen, und dadurch selbst wenigstens mit einem gewissen Grade von sicherer Annäherung die Erscheinungen für die Gegenden, wohin die Beobachtung nicht hat dringen können, zu anticipiren. Es ist jedenfalls gut, dieß höchste Ziel vor Augen zu haben, und die Gangbarmachung der dazu führenden Wege zu versuchen, wenn auch gegenwärtig, bei der großen Unvollkommenheit des Gegebenen, mehr als eine entfernte Annäherung zu dem Ziele selbst noch nicht möglich ist (Gauß 1839a, S. 2; vgl. Gauß-Werke: 5, S. 122).

Gauß' neues Prinzip, auf das er sein Gebäude stützte, war die Potentialtheorie. Er war zwar nicht der erste, der den Begriff des Potentials eingeführt hat (Reich 2011, S. 47–48), aber der Erfolg seiner „Allgemeinen Theorie“ sprach für sich. Dieser Potentialbegriff erlaubte es nun, ein ganz neues Kartenbild der Erde anzufertigen, nämlich eine Karte mit Äquipotentiallinien. Gauß' Abhandlung wurde von sechs Karten begleitet, die insofern etwas Besonderes waren, als die Werte der eingezeichneten Linien *berechnet* und nicht beobachtet worden waren:

- a) eine Karte mit Äquipotentiallinien sowohl in Mercator- als auch in stereographischer Projektion;
- b) eine Karte mit den berechneten Werten der Deklinationslinien sowohl in Mercator- als auch in stereographischer Projektion und
- c) eine Karte mit den berechneten Werten der ganzen Intensität sowohl in Mercator- als auch in stereographischer Projektion.

Leider wurden diese Karten in der Ausgabe von Gauß' Werken nicht wiedergegeben, obwohl die „Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus“ im fünften Band abgedruckt wurde. Die Karten befinden sich lediglich im Originalband der „Resultate“, die heutzutage nur in wenigen Bibliotheken vorhanden sind.

Um die Güte seiner Theorie zu überprüfen, zog Gauß folgende drei Karten heran, die er in seiner Schrift nennt (Gauß 1839a, S. 30; vgl. Gauß-Werke: 5, S. 149):

1. für die Überprüfung der Deklination die Barlowsche Karte (Barlow 1833);
2. für die Inclination die Hornersche Karte (zu Horner 1836 in: Horner 1842) und
3. für die ganze Intensität die Sabinesche Karte (Sabine 1838).

Gauß verwendete also nur die neuesten Karten, in denen auch die jüngsten Beobachtungen berücksichtigt worden waren, und nicht die früher von Hansteen veröffentlichten Karten. In einer in „The Quarterly Review“ im Jahre 1840 veröffentlichten Darstellung bzw. Besprechung von Gauß' „Allgemeiner Theorie des Erdmagnetismus“ war dann folgerichtig auch zu lesen:

The charts used by M. Gauss for his purpose were, that of the dip published by Horner (Physicalisches Wörterbuch, b. 6), and those of the variation and intensity, by Barlow and Sabine already mentioned. We may be proud as Englishmen to have furnished two out of the three digested masses of data for this vast undertaking, especially as it is to the appearance of the last of these charts that M. Gauss expressly ascribes his having been induced to enter upon the formidable calculations it involves (Anonymus 1840, S. 285–286).

Gleichwohl zitiert Gauß in seiner „Allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus“ Hansteen an mehreren Stellen, und zwar auf den folgenden Seiten: 121, 124, [134], 154, 155, 156, [180].⁸⁰ Gauß bemerkt, dass die von Hansteen 1819 veröffentlichte Inklinationskarte, die die Werte des Jahres 1780 repräsentierte, bereits sehr stark von den aktuellen Karten abweiche (Gauß 1839a, S. 1; vgl. Gauß-Werke: 5, S. 121). Ferner diskutiert er Hansteens Vorstellung von den vier Magnetpolen, indem er Hansteen entweder direkt nennt oder indirekt meint:

Hansteen ist einen Schritt weiter gegangen, indem er die Hypothese *zweier* unendlich kleiner Magnete von ungleicher Lage und Stärke den Erscheinungen anzupassen versucht hat. Die entscheidende Prüfung der Zulässigkeit oder Unzulässigkeit einer Hypothese bleibt immer die Vergleichung der in ihr erhaltenen Resultate mit den Erfahrungen. Hansteen hat die seinige mit den Beobachtungen an 48 verschiedenen Oertern verglichen, unter denen sich jedoch nur 12 befinden, wo die Intensität mit bestimmt ist, und überhaupt nur 6, wo alle drei Elemente vorkommen. Wir treffen hier noch Differenzen zwischen der Rechnung und Beobachtung an, die bei der Inclination fast auf 13 Grad steigen (Gauß 1839a, S. 4; vgl. Gauß-Werke: 5, S. 124).

Im Falle der Deklination, so führt Gauß anschließend aus, betrage der Unterschied an einer Stelle sogar mehr als 29 Grad. Und etwas später bemerkt er:

Von einigen Physikern ist die Meinung aufgestellt, daß die Erde zwei magnetische Nordpole und zwei Südpole habe: es scheint aber nicht, daß vorher der wesentlichsten Bedingung genügt, und eine *präcise* Begriffsbestimmung gegeben sei, was man unter einem magnetischen Pole verstehen wolle. Wir werden mit dieser Benennung jeden Punkt der Erdoberfläche bezeichnen, wo die horizontale Intensität = 0 ist: allgemein zu reden ist also daselbst die Inclination = 90°; es ist aber auch der singuläre Fall (wenn er vorkäme) mit eingeschlossen, wo die ganze Intensität = 0 ist. Wollte man diejenigen Stellen magnetische Pole nennen, wo die ganze Intensität einen Maximumwerth hat (d. i. einen größern, als ringsherum in der nächsten Umgebung): so darf man nicht vergessen, daß dieß etwas von jener Begriffsbestimmung ganz verschiedenes ist, daß letztere Punkte mit jenen weder dem Orte noch der Anzahl nach einen nothwendigen Zusammenhang haben, und daß es zur Verwirrung führt, wenn ungleichartige Dinge mit einerlei Namen benannt werden (Gauß 1839a, S. 14–15; vgl. Gauß-Werke: 5, S. 134).

Für einen Vergleich der berechneten Werte mit den in russischen Orten beobachteten Werten zog Gauß zahlreiche Beobachtungen von Hansteen, Erman, Humboldt, Georg Albert Fuß (1806–1854) sowie von dem Leutnant Julij Maksimovič Reinke (1811–1865)⁸¹ und dem Astronomen Vasilij Fëdorovič Fëdorov (1802–1855)⁸² heran (Gauß 1839a, S. 40–42; vgl. Gauß-Werke: 5, S. 154–156). Im Falle von Hansteen zitiert Gauß hierfür dessen Veröffentlichung in den „Annalen der Physik und Chemie“ (Hansteen 1831a).

⁸⁰ Seitenangaben nach Gauß-Werke: 5.

⁸¹ Julij Maksimovič Reinke, Absolvent des Instituts der Bergingenieure in St. Petersburg, war von 1836 bis 1838 erster Direktor und Beobachter im „magnetischen Haus“ in Jekaterinburg (Litovsky 2004). Herrn Karl-Heinz Glaßmeier sei für den Hinweis herzlich gedankt.

⁸² Gauß schreibt fälschlicherweise Fedor.

Der „Allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus“ folgte ein in demselben Band der „Resultate“ veröffentlichter „Nachtrag“ (Gauß 1839b). Diesem „Nachtrag“ wurde wiederum eine Steindrucktafel mit zwei Figuren beigegeben. Diese Tafel wurde in die Gauß-Werke aufgenommen. Die erste der beiden Figuren dient der Veranschaulichung der Widerlegung von Hansteens Vier-Pol-Theorie (siehe Abb. 28). Wie das obige Zitat zeigt, sind für Gauß die Pole genau diejenigen Stellen des erdmagnetischen Potentialfeldes, an denen die horizontale Intensität Null ist. Es gibt genau zwei solcher Punkte, einen Maximumpunkt und einen Minimumpunkt, den Nord- und den Südpol (siehe Höppner 2010). Zur Geschichte des Polbegriffes siehe Good 1991, S. 159–163.

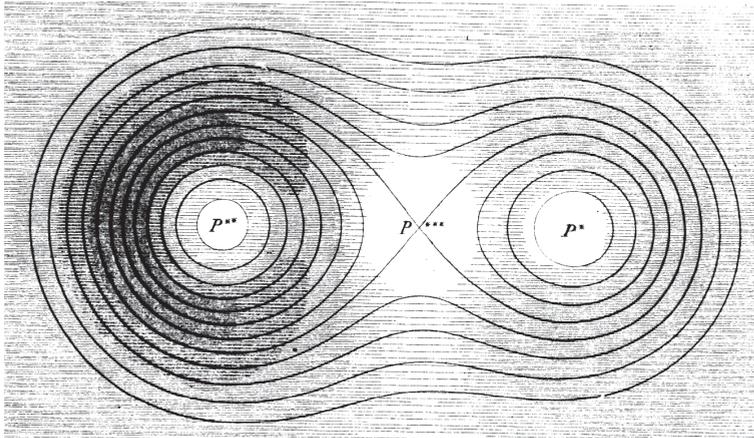


Abb. 28: Darstellung eines Systems von Äquipotentiallinien um zwei Punkte P^* und P^{**} , die einen Schnittpunkt P^{***} auszeichnen, der nach Gauß' Definition ein wahrer magnetischer Pol ist. Siehe „Nachtrag“ (1839b, Tafel VII) zu der „Allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus“ (1839a, § 12, S. 134–137). Aus: Gauß-Werke: 5 (1877), zwischen S. 176/177.

In der „Allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus“ kommt Gauß zu dem Schluss:

es scheint in der That, daß die schon bei zwei Magneten so überaus beschwerlichen Rechnungen für eine bedeutend größere Zahl der Ausführbarkeit unübersteigliche Schwierigkeiten entgegenzusetzen würden. Das Beste wird sein, diesen Weg ganz zu verlassen, der unwillkürlich an die Versuche erinnert, die Planetenbewegungen durch immer mehr gehäufte Epicykeln zu erklären (Gauß 1839a, S. 5; vgl. Gauß-Werke: 5, S. 124–125).

Ein Jahr nach der Publikation von Gauß' „Allgemeiner Theorie des Erdmagnetismus“ erschien der von Gauß und Weber gemeinsam herausgegebene „Atlas des Erdmagnetismus nach den Elementen der Theorie entworfen“ (Gauß/Weber 1840), der insgesamt 18 Karten enthält (vgl. Reich/Roussanova 2014). Zwölf dieser Karten waren neu hinzugekommen, waren vorher nicht der „Allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus“ beigegeben gewesen. Wenngleich die beiden Karten mit den Äquipotentiallinien (Karte 1 und 2) in dem Atlas zwar im Prinzip nur wiederholt wurden, war doch

ihre Qualität wesentlich verbessert worden. Die Herstellung der Karten für den Atlas ging zurück auf Benjamin Goldschmidt, Wilhelm Weber, den Mathematiker Heinrich Eduard Heine (1821–1881), der damals bei Gauß studierte, sowie auf den russischen Astronomen Aleksandr Nikolaevič Drašusov (1816–1890),⁸³ der sich damals in Göttingen aufhielt. Heine war übrigens, obwohl noch Student, einer der ganz wenigen Privatpersonen, die Gauß' und Webers „Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins“ abonniert hatten. Alle Karten des Atlas beruhen auf berechneten Linien, diese wurden also nicht anhand von unmittelbaren Beobachtungsdaten gezeichnet. Wie schon in der „Allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus“, so dienten auch im Atlas die auf beobachteten Daten beruhenden Karten von Barlow, Horner und Sabine als Vergleichskarten (Gauß/Weber 1840, S. 31; vgl. Gauß-Werke: 12, S. 402). Auch im Atlas wurde von den Hansteenschen Karten kein Gebrauch gemacht. Hansteen wird zwar zweimal im Atlas erwähnt, aber lediglich im Zusammenhang mit der Theorie von den vier Magnetpolen (Gauß/Weber 1840, S. 2, 3; vgl. Gauß-Werke: 12, S. 341, 344).

3.7.2 Die Besprechung der „Allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus“ in der „Leipziger Allgemeinen Zeitung“ (1839) und Hansteens Reaktion darauf

Am 6. August 1839 erschien eine Besprechung von Gauß' „Allgemeiner Theorie des Erdmagnetismus“, und zwar in einer ziemlich verbreiteten Zeitung, nämlich der „Leipziger Allgemeinen Zeitung“ (Anonymus 1839). Bislang ist in der Gauß-Literatur diese Besprechung nicht erwähnt bzw. nicht zur Kenntnis genommen worden, weshalb sie hier im Originalwortlaut vorgestellt werden soll (siehe Anhang 3).

Wie damals nicht unüblich, wurde der Autor der Besprechung nicht genannt. So gibt es über ihn nur Mutmaßungen. Es war mit Sicherheit jemand, der genau Bescheid wusste, d. h. etwas vom Erdmagnetismus verstand. Vielleicht war es eine Person, die zum engeren Umfeld von Gauß gehörte, so etwa August Ferdinand Möbius (1790–1868), der bei Gauß studiert hatte und seit 1816 an der Universität Leipzig eine Außerordentliche Professur für Astronomie bekleidete. Möbius war es, der in Leipzig gewonnene magnetische Beobachtungsdaten an Gauß nach Göttingen sandte, die dann in den „Resultaten“ veröffentlicht wurden. Aber es kommen natürlich auch andere Physiker bzw. Astronomen als Autor dieser Besprechung in Frage.

Die Besprechung beginnt mit einem großen Lob für den Autor der Theorie. Hier ist vom „größten deutschen Mathematiker“, vom „wichtigsten Fortschritt“, vom „Ruhm für Deutschland“ die Rede sowie von einem „von den Meisterwerken dieses großen Mathematikers“. Mit dieser neuen Theorie sei es Gauß nunmehr möglich, wenn ihm acht auf der Erde passend verteilte genaue Daten über die Stellung der Magnetnadel und über die Intensität zur Verfügung stehen würden, für alle übrigen Punkte

⁸³ Gauß und Weber schrieben den Namen in anderer Orthographie, nämlich Draschusoff.

die Richtung und die Intensität des Erdmagnetismus zu berechnen. Diese Theorie, so heißt es weiter, sei unabhängig von jeglicher besonderen Hypothese und auf einer unzweifelhaften physikalischen Grundlage aufgebaut:

Durch sie wird der Zusammenhang der verschiedenen gleichzeitigen Erscheinungen, die man mit den Namen der Declination, der Inclination und der Intensität bezeichnet, erkannt, sodaß, wenn zwei dieser Größen bekannt sind, die dritte gefolgert werden kann (siehe Anhang 3).

Was die Anwendung dieser Theorie anbelangt, so lehre diese, „daß auf der Erde nicht vier magnetische Pole existiren, wie man neuerlich annehmen zu müssen geglaubt hat, sondern nur ein Nordpol und ein Südpol, und daß es sogar unmöglich sei, daß vier Pole existirten“. Dies war natürlich eine Aussage, die Hansteen hart treffen musste. Die „Leipziger Allgemeine Zeitung“ scheint in Christiania verbreitet und bei ihren dortigen Lesern beliebt gewesen zu sein, denn Hansteen ließ Gauß am 4. August 1840 wissen:

Mir ist diese Neuerung und Protestation gegen 4 magnetische Pole aus folgender Ursache unangenehm und schädlich geworden. In einer Anmeldung von Ihrer allgemeinen Theorie in der Leipziger allgemeinen Zeitung, welche in allen Zeitungsblättern, auch den Norwegischen, übergegangen ist, ist von diesem vermeintlichen Fehlgriffe von 4 magn. Polen der Erde weit und breit gesprochen. In jedem Staate kann der Wissenschaftsmann für seine Wissenschaft nichts ausrichten, wenn er nicht die Opinion mit sich hat; die Regierung versteht nichts davon, die Versammlung der Repräsentanten ebenso wenig. Soll ein Vorschlag zu Anlagen oder Expeditionen, welche Geld kosten, durchgehen, so muß der Proponent mit einiger Art von Auctorität ausgerüstet seyn. Fällt diese, so kriegt er kein Gehör. In Norwegen glaubt natürlich seit dieser Zeitungs-Artikel der gemeine Mann und die Regierung, daß alle meine Bemühungen für das Studium des Erdmagnetismus seit 1807 wären zu Wind geworden; und sollte ich jetzt erst die Sibirische Expedition betreiben, oder suchen ein magnetisches Observatorium zu erhalten, so würde ich gewiß den Beutel verschloßen finden. Gott Lob! Die Reise ist vollendet, und das Observatorium steht in diesem Augenblicke oder bei meiner Zurückkunft nach Christiania schon fertig, und ich habe wahrscheinlich keine weitere Wünsche durchzusetzen. Und doch ist die ganze Sache bloß die Folge eines Wortstreit, oder eines Mißverständnisses (Brief Nr. 10, S. 7–8).

3.7.3 Hansteens Besuch in Göttingen im Jahre 1839

Nachdem der im Jahre 1834 geplante Besuch von Hansteen in Göttingen nicht zustande gekommen war (siehe Kap. 3.5), versuchte es Hansteen im Jahre 1839 ein zweitesmal. Diesmal kam er tatsächlich nach Göttingen. Außerdem stattete Hansteen auch Olbers und Bessel einen Besuch ab.⁸⁴

⁸⁴ Siehe Brief von Hansteen an Bessel vom 13. Februar 1842: „Das Schicksal war mir in 1839 recht günstig, indem ich auf dieser Reise Sie, Gauß und Olbers zu sehen bekam; dieses Jahr steht deswegen immer wie ein Glanzpunkt in meiner Lebensgeschichte“ (Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, Nachlass Bessel, Nr. 247).

Am 14. Mai 1839 ließ Hansteen Gauß wissen: „Ich habe die Hofnung hier ein magnetisches Observatorium zu erhallten, und Erlaubniß gesucht, nach Göttingen im August zu reisen, um bei Ihnen das ganze Verfahren mit dem Magnetometer zu sehen und zu lernen“ (Brief Nr. 8, S. 9). Gauß antwortete am 7. Juli 1839: „Höchst erfreulich ist mir die Aussicht, die Sie mir machen, theils auf ein in Christiania zu errichtendes magnetisches Observatorium, theils auf Ihre Herkunft nach Göttingen im Laufe dieses Sommers. Durch die letztere wird mein lange gehegter Wunsch, Sie persönlich kennen zu lernen, die Erfüllung erhalten, auf welche ich sonst bei der grossen Entfernung und weil mich selbst Gesundheitszustand und andere Hindernisse an grössere Reisen gar nicht denken lassen, wenig Hoffnung haben würde. Bei einer mündlichen Besprechung lassen sich auch manche Dinge viel leichter und besser abmachen als durch Briefe möglich ist“ (Brief Nr. 9, S. 1).

Am 6. August 1839 schrieb Schumacher an Gauß:

Hansteen, mein theuerster Freund, reiset am Sonnabend mit Kessels⁸⁵ von hier über Magdeburg nach Dresden, und wird von da zu Ihnen nach Göttingen kommen, wo er also gegen das Ende dieses Monats eintrifft (Briefwechsel Gauß–Schumacher 1860–1865: 3, S. 235–236).

Hansteen hielt sich vom 26. August bis zum 11. September 1839 in Göttingen auf.⁸⁶ Er verpasste damit wahrscheinlich Adolph Theodor Kupffer, der sich Anfang August in Göttingen aufgehalten hatte (Reich/Roussanova 2011, S. 73, 344). Am 30. September 1839 teilte Gauß seinem Freund Christian Ludwig Gerling (1788–1864) mit:

Einige Wochen später kam Hansteen an, der 14 Tage hier blieb u[nd] sich in allen Operationen geübt hat, auch er hat *beide* Apparate für Christiania bestellt, wo ein besonderes M[agnetisches] O[bservatorium] gebaut wird (Briefwechsel Gauß–Gerling 1927, S. 584).

Hansteens Rückreise führte abermals über Altona, wo er im Schumacherschen Garten Inklinationsbeobachtungen anstellte, weiter über Kiel nach Kopenhagen und von dort nach Christiania.

Im Oktober 1839 fand in Göttingen eine internationale Konferenz des Magnetischen Vereins statt. Teilnehmer waren Adolph Theodor Kupffer aus St. Petersburg, Karl August Steinheil aus München,⁸⁷ Humphrey Lloyd⁸⁸ aus Dublin sowie das Ehepaar Edward und Elizabeth Sabine aus London (Reich/Roussanova 2011, S. 370). Hansteen hielt sich zu diesem Zeitpunkt schon nicht mehr in Göttingen auf.

⁸⁵ Heinrich Johann Kessels (1781–1849), Uhrmacher und Chronometerbauer in Altona.

⁸⁶ Gauß in einem Brief an Schumacher vom 8. September 1839: „Hansteen wird den 11. seine Rückreise antreten“ (Briefwechsel Gauß–Schumacher 1860–1865: 3, S. 268).

⁸⁷ Karl August Steinheil (1801–1870) wurde 1835 Professor für Mathematik und Physik an der Universität München und Konservator der Mathematisch-Physikalischen Staatssammlungen.

⁸⁸ Humphrey Lloyd war seit 1831 Professor für Experimentalwissenschaften am Trinity College in Dublin.

3.7.4 Hansteens Teilnahme an den Gaußschen Beobachtungsterminen im Jahre 1841

Das magnetische Observatorium in Christiania war zwar im November 1840 fertiggestellt, aber einsatzbereit wurde es erst im Frühjahr 1841. Nun nahm Hansteen auch an den Gaußschen Terminen für korrespondierende Beobachtungen teil. Er machte die gewünschten Beobachtungen und ließ deren Resultate Gauß zukommen (vgl. Abb. 29). So enthält der Band der „Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1841“ folgende Beobachtungsdaten aus Christiania:

1. Termin am 28./29. Mai 1841
Christiania meldet Deklinationsbeobachtungen.
Hansteens Beobachtungsdaten sind in Göttingen noch vorhanden. [„Magnetische Termins-Beobachtungen auf das magnetische Observatorium in Christiania 1841, 28–29 May. Unifilar-Magnetometer“. SUB Göttingen, Cod. Ms. Magn. Verein 3: 1841, Mappe Mai, 1 Blatt = 2 S. (vgl. Abb. 29)].
2. Termin am 27./28. August 1841
Christiania meldet Deklinationsbeobachtungen.
Gleichzeitig teilt Hansteen mit, dass er Nordlicht beobachtet habe. [Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1841. Leipzig 1843, S. 115].
3. Termin am 26./27. November 1841
Christiania meldet Deklinationsbeobachtungen.

Hansteen hatte in Christiania zahlreiche Helfer, die an den Beobachtungen beteiligt waren. In den „Resultaten“ wurden neben Hansteen selbst weitere 21 Beobachter aus Christiania mit Namen genannt, nämlich: Bull, Falsen, Gude, Hansen, Johansen, Kaurin, Klingenberg, Knudtzen, Lem, Moeller, Mohr, Observator Münster, Lieut[enant] Nielsen, Rohde, Rosenquist, Soll, Skielderup, Suhrlund, Throndsen, Tostrup, Vibo.⁸⁹

⁸⁹ Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1841. Leipzig 1843, S. 115–116.

Magnetische Fernins-Beobachtungen
auf das magnetische Observatorium in Christiania
1841, 28 - 29 May. Unipilar-Magnetometer

Beobachter. Professor Hansteen, Observator Münster,
und die Elogen der militairen Hochschule: Lieutenant
der Marine: Nielsen, Rosenquist, Johansen;
Lieutenants der Artillerie- und Ingenieur ^{Compagnien} ~~Compagnien~~:
Möller, Falsen, Mohr, Knudtzén, Klingenberg
Gude, Rohde, Kaurin.

Reduction ~~Stand~~ der Uhr auf Göttinger m. Z.

$$28 \text{ May } 8^{\text{h}} 34' = -1^{\text{m}}.6$$

$$29 \text{ May } 9^{\text{h}} 32' = 0.0$$

Werth eines Scala-Theils = $22''.913$.

$n = 83,9196$ (Torsions-Coefficient).

Die Stunde vor dem Anfange des Termins
wurden folgende Beobachtungen gemacht,

$9^{\text{h}} 0'$	=	532.76
- 5	=	533.27
- 10	=	532.60
- 15	=	533.03
- 20	=	535.29
- 25	=	540.07
- 30	=	549.00
- 35	=	557.14
- 40	=	558.76
- 45	=	558.02
- 50	=	557.05
- 55	=	556.18

Abb. 29: Beobachtungsdaten aus Christiania vom 28. und vom 29. Mai 1841. Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, Cod. Ms. Magn. Verein 3 : 1841, Mappe Mai, erste Seite.

Der Band der „Resultate“ für das Jahr 1841 wurde von acht Tafeln mit korrespondierenden Beobachtungen begleitet:

- Tafel I: Deklinationsbeobachtungen vom 26. und vom 27. Februar 1841. [Veröffentlicht in Reich/Roussanova 2013, S. 20.]
Teilnehmer waren (von Norden nach Süden): Uppsala, Stockholm, Copenhagen, Breda, Brüssel, Berlin, Göttingen, Marburg, Leipzig, Prag, Cracau, Breslau, Kremsmünster, Heidelberg, Genf und Mailand.
- Tafel II: Beobachtungen der horizontalen Intensität vom 26. und vom 27. Februar 1841.
Teilnehmer: Uppsala, Breda, Brüssel, Göttingen, Leipzig, Breslau, Prag, Kremsmünster und Mailand.
- Tafel III: Deklinationsbeobachtungen vom 28. und vom 29. Mai 1841 (Abb. 30).
Teilnehmer: Uppsala, Stockholm, Christiania, Copenhagen, Breda, Brüssel, Göttingen, Berlin, Breslau, Cracau, Leipzig, Prag, Marburg, Heidelberg, Kremsmünster und Mailand.
- Tafel IV: Beobachtungen der horizontalen Intensität vom 28. und vom 29. Mai 1841.
Teilnehmer: Uppsala, Breda, Brüssel, Göttingen, Breslau, Leipzig, Prag, Kremsmünster und Mailand.
- Tafel V: Deklinationsbeobachtungen vom 27. und vom 28. August 1841.
Teilnehmer: Nertschinsk, Barnaul, Catherinenburg, St. Petersburg, Uppsala, Stockholm, Christiania, Copenhagen, Markerstoun, Breda, Brüssel, Göttingen, Berlin, Breslau, Cracau, Leipzig, Prag, Heidelberg, Kremsmünster, Genf und Mailand.
- Tafel VI: Beobachtungen der horizontalen Intensität vom 27. und vom 28. August 1841.
Teilnehmer: Barnaul, Catherinenburg, St. Petersburg, Uppsala, Markerstoun, Breda, Brüssel, Göttingen, Leipzig, Breslau, Prag, Kremsmünster und Mailand.
- Tafel VII: Deklinationsbeobachtungen vom 26. und vom 27. November 1841 (Abb. 31).
Teilnehmer: Nertschinsk, Barnaul, Catherinenburg, St. Petersburg, Stockholm, Uppsala, Christiania, Markerstoun, Breda, Brüssel, Göttingen, Leipzig, Berlin, Breslau, Cracau, Prag, Heidelberg, Kremsmünster, Genf und Mailand.
- Tafel VIII: Beobachtungen der horizontalen Intensität vom 26. und vom 27. November 1841.
Teilnehmer: Nertschinsk, Barnaul, St. Petersburg, Uppsala, Markerstoun, Breda, Brüssel, Göttingen, Leipzig, Breslau, Prag, Kremsmünster und Mailand.

Declinations-Beobachtungen vom 28 und 29 Mai 1841
Zu den Resultaten 1841.

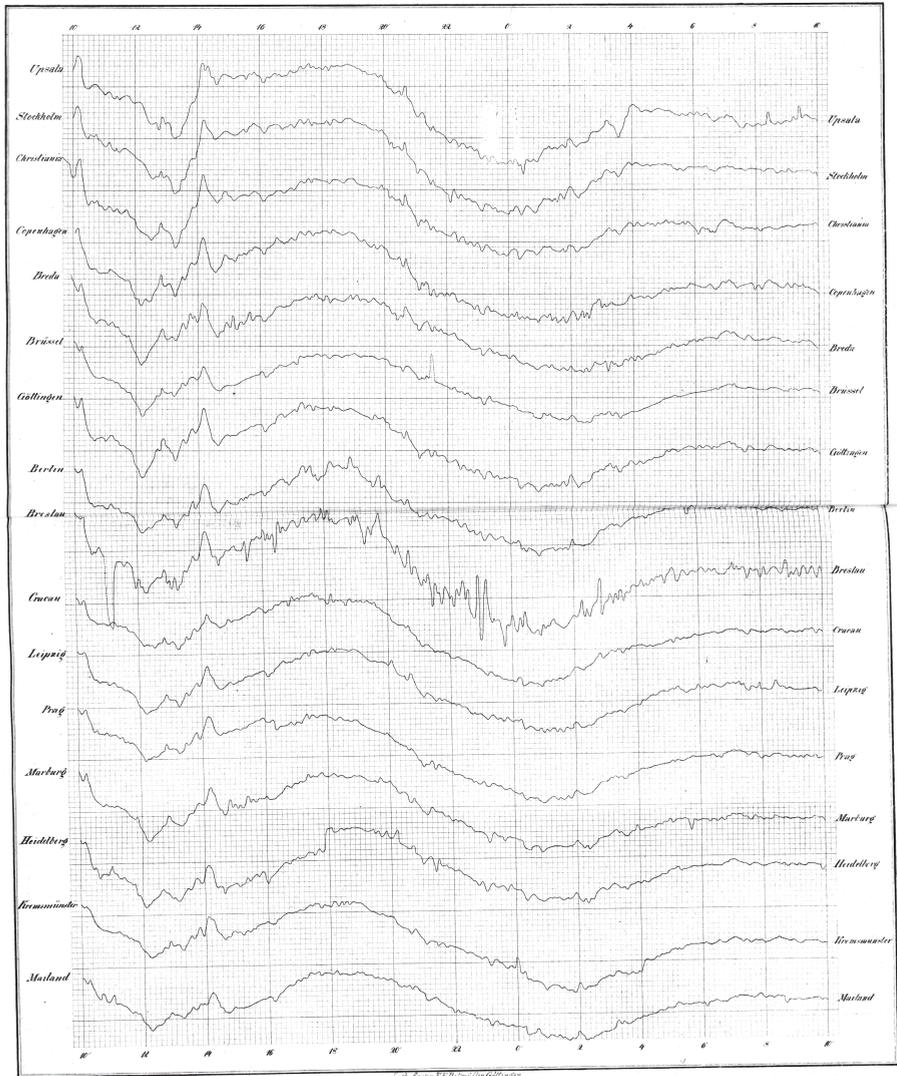


Abb. 30: Korrespondierende Beobachtungen mit Beteiligung von Christiania: „Declinations-Beobachtungen vom 28. und 29. Mai 1841“. Aus: „Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1841“. Leipzig 1843, Tafel III. Exemplar der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen.

*Declinations-Beobachtungen vom 26. und 27. November 1841.
Zu den Resultaten 1841*

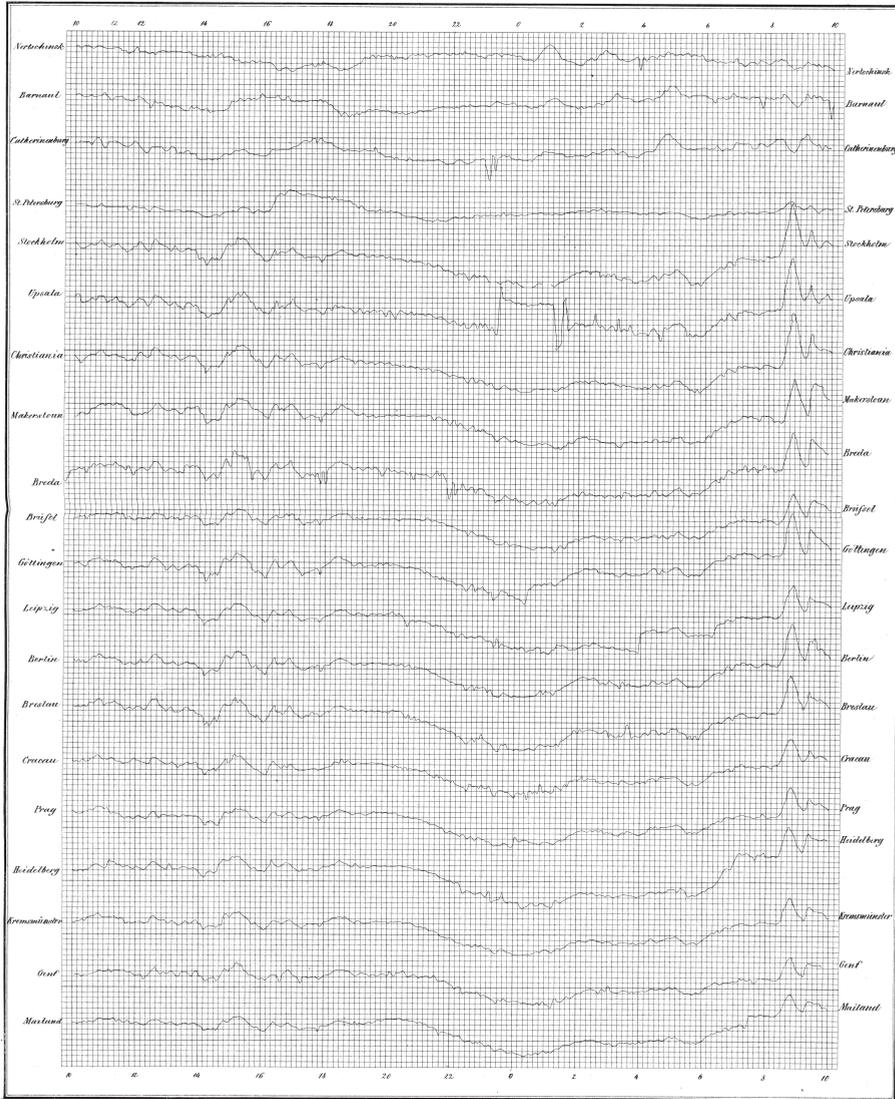


Abb. 31: Korrespondierende Beobachtungen mit Beteiligung von Christiania: „Declinations-Beobachtungen vom 26. und 27. November 1841“. Aus: „Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1841“. Leipzig 1843, Tafel VII. Exemplar der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen.

3.7.5 Abhandlungen von Hansteen in den „Resultaten“

In den „Resultaten aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins“ erschienen insgesamt vier Abhandlungen von Hansteen. Unmittelbar nach seinem Besuch in Göttingen im Jahre 1839 veröffentlichte Hansteen in dem Band der „Resultate“ für das Jahr 1840 drei Aufsätze:

1. „Über die absolute horizontale Intensität in Christiania“ (Hansteen 1841a).

Das Manuskript dazu hatte Hansteen Gauß in einem Brief vom 11. Februar 1841 zukommen lassen. Dieser Beitrag, fünf Seiten im Druck und ebenso lang im Manuskript, ist Teil eines 12 Seiten umfangreichen Briefes (Brief Nr. 11, S. 1–5). Der Text wurde für die Publikation sprachlich überarbeitet und geglättet. Es geht um Intensitätsmessungen, und zwar um die Qualität der dabei benutzten Zylinder, die aus Stahl hergestellt waren. Das Ergebnis lautete, dass der „Uslarsche Stahl“⁹⁰ sehr zu empfehlen sei. Die zugrundeliegenden Versuche waren im letzten Viertel des Jahres 1840 sowie Anfang des Jahres 1841 in Christiania durchgeführt worden.

2. „Magnetische Beobachtungen“ (Hansteen 1841b).

Hier veröffentlichte Hansteen seine wohl ersten Beobachtungen, die er in dem neuen, in Christiania errichteten magnetischen Observatorium durchgeführt hatte. Es geht dabei um die Messung der absoluten Intensität in den Monaten März bis Mai 1841. Diese Ergebnisse verglich Hansteen mit den in Göttingen während seines Besuches im Sommer 1839 sowie in den Jahren 1837 und 1838 erzielten Werten.

3. „Professor Hansteens Magnetische Beobachtungen auf einer Reise nach Göttingen im Jahre 1839 und nach Kopenhagen im Jahre 1840“ (Hansteen 1841c).

In diesem Beitrag geht es um die Messung der Inklination und der horizontalen Intensität während Hansteens gesamter Reise im Jahre 1839, deren genauer Ablauf dadurch bekannt gemacht wurde: Kopenhagen, Altona, Bremen, Altona, Magdeburg, Leipzig, Dresden, Leipzig, Gotha, Eisenach, Göttingen, Hannover, Altona, Bramstedt, Kiel, Götheborg, Christiania. Die Reise im Juli und August 1840 führte nur nach Kopenhagen. Hansteen schickte das Manuskript dieses und das des vorigen Beitrags „Magnetische Beobachtungen“ an Gauß in seinem Brief vom 22. Juli 1841 (Brief Nr. 14), der insgesamt 22 Seiten umfasst. Der Beitrag (Hansteen 1841b) befindet sich im Manuskript auf den Seiten 1–16, der Beitrag (Hansteen 1841c) auf den Seiten I–VI. Auch hier war der Text überarbeitet worden, wobei einige Teile des Briefes nicht in die Publikation übernommen wurden. Am Ende des Briefes ließ Hansteen Gauß wissen:

Sollten Sie finden daß einige von diesen Beobachtungen verdienten aufbewahrt zu werden, z. B. in den «Res. aus den Beob. des m[a]gn. Vereins» mitgetheilt zu werden, würde es mich sehr

⁹⁰ Uslar ist eine kleine, nordwestlich von Göttingen gelegene Stadt.

schmeicheln; doch müßte dieses bloß dann geschehen, wenn Sie nicht gehaltvollere Arbeiten mitzuteilen hätten. In diesem Falle war gewiß Dr Goldschmidt so freundlich, das brauchbare auszuziehen und zu ordnen (ich muß leider zufügen und «übersetzen») (Brief Nr. 14, S. 16).

Hansteens Brief schließt mit einem Inhaltsverzeichnis, das wegen der ungewöhnlichen Länge des Briefes die Inhalte auf einen Blick zu vermitteln vermag (Brief Nr. 14, S. 16).

Sicher waren Gauß die Manuskripte von Hansteen sehr willkommen, da er für ihre Bearbeitung und Veröffentlichung sorgte. Wilhelm Weber berichtete in einem Brief vom 12. September 1841 an Oersted:

Mit grosser Freude hat G a u s s den Bericht gelesen, welchen Hr Professor H a n s t e e n die Güte gehabt hat ihm über seine neuesten magnetischen Beobachtungen mitzuteilen. Christiania ist ein sehr interessanter Übergangspunct von Göttingen und Copenhagen nach Upsala, Stockholm und Petersburg. Herr Professor H a n s t e e n hat gütigst erlaubt, die Resultate seiner eben so sorgfältig wie zahlreich ausgeführten Messungen in dem eben erscheinenden Bande unserer Verein[s]schrift abdrucken zu lassen (Correspondance Oersted 1920 : 2, S. 581).

Auch in dem folgenden Band der „Resultate“ für das Jahr 1843 erschienen weitere „Magnetische Beobachtungen“ Hansteens, die in Christiania gemacht worden waren (Hansteen 1843b). Es wurde versprochen, die Beobachtungsreihe fortzusetzen. Leider ist nicht bekannt, wie dieser Beitrag nach Göttingen gelangt war, da ein Begleitbrief von Hansteen fehlt. Ein Kapitel der Abhandlung trägt den Titel „Bestimmung der regelmäßigen Änderungen der Declination und Intensität zu Christiania“. Der Beitrag wurde von einem Kommentar Webers und einer Figur begleitet, die den Gang der täglichen Declinations- und Intensitätsvariationen durch eine einzige in sich selbst zurücklaufende Linie darstellt (vgl. Abb. 32). Diese Kurve zeigt, so Weber, „kaum eine Spur von dem Einfluß der unregelmäßigen Schwankungen.“⁹¹

Später veröffentlichte Hansteen auch eine Darstellung der „Richtung und Größe der horizontalen perturbirenden magnetischen Kraft für alle 24 Stunden des Tages im Juli 1842 in Christiania“ (Hansteen 1860, Tafel III; vgl. Abb. 33).

Aber Hansteen arbeitete in dieser Zeit nicht nur an den Beiträgen für Gauß' und Webers „Resultate“, sondern veröffentlichte auch an anderen Stellen Abhandlungen zum Thema Erdmagnetismus (siehe Hansteen 1842a und b).

⁹¹ Siehe „Bestimmung der regelmässigen Änderungen der Declination und der Intensität zu Christiania“ (Weber 1843).

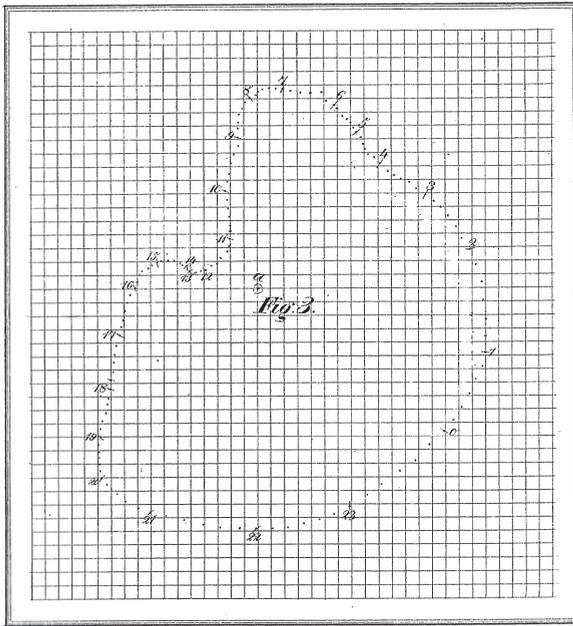


Abb. 32: Hansteen, Christopher: „Graphische Darstellung des täglichen Gangs der Mittelwerte der Deklination und der Intensität vom 20. Juni bis 30. Juni 1842“. Aus: „Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1841“. Leipzig 1843, Tafel IX. Exemplar der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen.

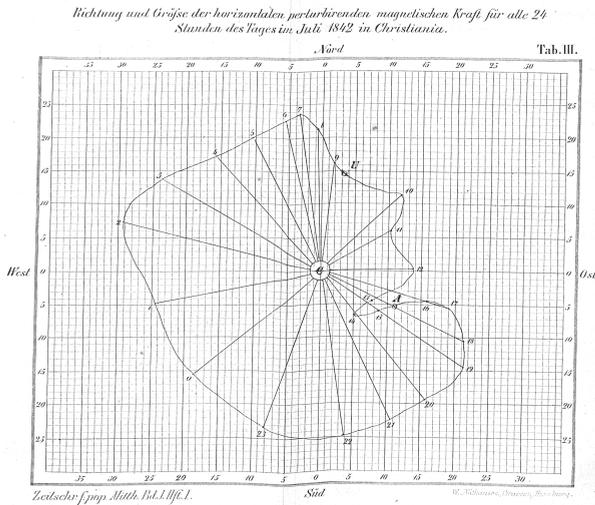


Abb. 33: Hansteen, Christopher: „Richtung und Größe der horizontalen perturbirenden magnetischen Kraft für alle 24 Stunden des Tages im Juli 1842 in Christiania“. Aus: Hansteen 1860, Tafel III.

3.8 Das Ende des Göttinger magnetischen Vereins im Jahre 1843

Der im Jahre 1843 erschienene Band der „Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1841“ war der sechste Band und der letzte Jahrgang. Die Zeitschrift musste eingestellt werden. Wilhelm Weber, der einer der „Göttinger Sieben“ gewesen war, hatte bereits im Dezember 1837 seine Stelle als Professor der Physik an der Universität Göttingen verloren. Er blieb aber noch ohne offizielle Besoldung bis Ostern 1843 in Göttingen. Gauß hatte wirklich alles versucht, um eine Wiedereinstellung von Weber in Göttingen zu erreichen, doch war er erfolglos geblieben. Weber wechselte schließlich an die Universität Leipzig, wo er eine Professur für Physik übernahm. Mit dem Weggang Webers endete die Zusammenarbeit mit Gauß auf dem Gebiet des Erdmagnetismus, und Gauß wandte sich anderen Themen zu. Weber wollte zwar in Leipzig ein neues magnetisches Observatorium gründen, aber dies dauerte seine Zeit. In Göttingen machte Goldschmidt noch einige weitere erdmagnetische Beobachtungen, diese aber blieben unveröffentlicht und damit bedeutungslos. Das Team Gauß–Weber fand keinen Nachfolger, niemand im deutschen Sprachraum übernahm die Aufgaben der Zeitschrift „Resultate“. Im Juni 1845 fand abermals ein internationaler Kongress zum Thema Erdmagnetismus statt, diesmal in Cambridge unter der Ägide von John Herschel. Aber weder Gauß und Weber noch Hansteen gehörten zu den Teilnehmern. Georg Adolph Erman dagegen war aus Berlin angereist (Proceedings 1845). In Cambridge war auch Wolfgang Sartorius von Waltershausen anwesend, der Gauß über den Kongress kritisch berichtete (Reich 2012, S. 278, 320–321). Weitere ausländische Teilnehmer waren Adolph Theodor Kupffer aus St. Petersburg, Karl Kreil (1798–1862) aus Prag, John Parish (1774–1858) aus Senftenberg,⁹² Heinrich Wilhelm Dove (1803–1879) aus Berlin, Heinrich Ludwig Pruß von Boguslawski (1789–1851) aus Breslau (ebenda, S. 278).

In seinem letzten Brief vom 7. Juli 1854 ließ Gauß seinen „Hochverehrten Freund“ Hansteen wissen: „Gern hätte ich Ihre interessanten magnetischen Mittheilungen mit ähnlichen erwiedert [sic]. Aber Inclinationsbeobachtungen hatte ich selbst seit 1842 nicht wieder angestellt, und magnetische Beobachtungen überhaupt werden seit Goldschmidts Tode bei hiesiger Sternwarte nur in beschränkterm Maasse ausgeführt“ (Brief Nr. 16, S. 1).

⁹² John Parish war Kaufmann und Astronom, er besaß in Senftenberg in Böhmen eine Privatsternwarte (siehe Wittmann/Schielicke 2013).

3.9 Friedrich Wilhelm Bessels Aufsatz „Ueber den Magnetismus der Erde“ (1843)

Der an der Universität Königsberg wirkende Astronom Friedrich Wilhelm Bessel und Hansteen hatten sich im Sommer 1839 persönlich kennengelernt.⁹³ Im Jahre 1843 veröffentlichte Bessel einen umfangreichen Aufsatz „Ueber den Magnetismus der Erde“ in dem von Schumacher herausgegebenen „Jahrbuch für 1843“ (Bessel 1843). Eigentlich war der Erdmagnetismus kein Thema, mit dem sich Bessel besonders angefreundet hätte. Hier aber stellt Bessel einen Überblick vor, in dem er mit dem 16. Jahrhundert beginnt. Vor allem schildert er in aller Ausführlichkeit die Beiträge von Alexander von Humboldt. Selbstverständlich kommt er hierbei auch auf Hansteen zu sprechen:

Als *Hansteen* sich später das Verdienst erworben hatte, alle bekannt gewordenen Beobachtungen mit grossem Fleisse zu sammeln[,] und als er dadurch das Hervortreten der magnetischen Kraft auf der Erde weit vollständiger kennen gelernt hatte, überzeugte er sich von der Unzulänglichkeit der früheren Annahme und veränderte sie daher in die Annahme *zweier* in der Erde befindlichen Magnete. Wirklich kann man die Lagen und die relative Stärke zweier Magnete so wählen, dass den Erscheinungen dadurch besser Genüge geleistet wird, als durch die Annahme eines Magneten. Aber der Erfolg mit ihrer Annahme blieb noch weit hinter dem Erfolge zurück, welchen *Kepler*, durch seine Verbesserung der Copernicanischen, herbeigeführt hatte: es wurde dadurch keinesweges ein einfacher Ausdruck erlangt, welcher die Beobachtungen selbst hätte vertreten und in gedrängtester Form hätte angehen können, was die *Erklärung* zu leisten hatte. – Der, der sich, ohne eine solche Hülfe zu besitzen, auf den Standpunct stellte, von welchem aus *Newton* das Weltsystem erklärt hatte, ist *Carl Friedrich Gauss*: er verlässt alle Annahmen, um nur die unzweideutigen Bedingungen zu verfolgen, welchen das Hervortreten der magnetischen Kraft auf der Oberfläche der Erde, durch *ihr Gesetz selbst* unterworfen ist (Bessel 1843, S. 33–34).

Im Folgenden – das sind mehr als 20 Seiten – versucht Bessel, Gauß' Theorie des Erdmagnetismus sowie die Ziele und die Ergebnisse der „Resultate“ darzustellen und zu erläutern (Bessel 1843, S. 34–56). Dies zeigt mehr als deutlich, dass Bessel klar erkannt hatte, dass Gauß' Theorie ein Meisterwerk, ein Jahrhundertwerk war.

In demselben Band des „Jahrbuchs für 1843“, in dem Bessel seinen Beitrag veröffentlicht hatte, befindet sich auch der kurze Artikel Hansteens „Ueber Berichtigung der Thermometer“ (Hansteen 1843a).

⁹³ Siehe den Brief von Hansteen an Bessel vom 13. Februar 1842 im Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, Nachlass Bessel, Nr. 247, 2 Bl. Herrn Dietmar Fürst sei für den Hinweis herzlich gedankt. Vgl. Anm. 84.

3.10 Exkurs: Der Erdmagnetismus im „Physikalischem Atlas“ von Heinrich Berghaus (1845) und von Hermann Berghaus (1892)

Im Zusammenhang mit Karten zum Erdmagnetismus soll hier auch Heinrich Berghaus (1797–1884) genannt werden. Dieser war Geodät und Kartograph und wirkte ab 1816 in Berlin an der Landesvermessung mit. Von 1824 bis 1855 bekleidete Berghaus eine Professur für angewandte Mathematik an der Berliner Bauakademie. Von besonderer Bedeutung ist sein ab dem Jahre 1845 in Gotha veröffentlichter „Physikalischer Atlas oder Sammlung von Karten, auf denen die hauptsächlichsten Erscheinungen der anorganischen und organischen Natur nach ihrer geographischen Verbreitung und Vertheilung bildlich dargestellt sind“, wobei die Vorbemerkungen dazu das Datum „1. Dezember 1837“ tragen. Ein „Physikalischer Atlas“ im Sinne von Berghaus war damals etwas ganz und gar Neues. Der erste Band ist folgenden fünf Abteilungen gewidmet: Meteorologie und Klimatologie, Hydrologie und Hydrographie, Geologie, Tellurischer Magnetismus, Botanische Geographie.

Von besonderem Interesse ist hier die vierte Abteilung unter dem Titel „Tellurischer Magnetismus“, die aus dem Jahr 1836 stammte (Berghaus 1845: 1,4, S. 11). Sowohl der Text wie auch vier der insgesamt fünf Karten stammen von Louis Isidore Duperrey (1786–1865). Dieser war ein französischer Seefahrer, Entdecker und Kartograph. Von 1822 bis 1825 stand unter seinem Kommando das Schiff „La Coquille“, mit dem der Südpazifik erkundet wurde.⁹⁴ Im historischen Vorspann zur 4. Abteilung des ersten Bandes des „Physikalischen Atlas“ erwähnt Duperrey alle die Persönlichkeiten, die auf dem Gebiete der Erforschung des Erdmagnetismus gewirkt hatten oder noch wirkten und erdmagnetische Beobachtungen beigesteuert hatten. Selbstverständlich wird hierbei auch Hansteen genannt und werden dessen „Untersuchungen über den Magnetismus der Erde“ zitiert (Berghaus 1845: 1,4, S. 12).

Im Jahre 1892 erschien Berghaus' „Physikalischer Atlas“ in einer dritten Ausgabe, die Hermann Berghaus zu verdanken war. Hermann Berghaus (1828–1890) war ein Neffe von Heinrich Berghaus. Er wirkte als Kartograph für den Perthes-Verlag. Die vierte Abteilung erschien in diesem Werk als „Atlas des Erdmagnetismus“, dessen Bearbeitung Georg Neumayer (1826–1909) übernommen hatte. Dieser Abteilung geht ein 20 Seiten umfassendes Vorwort voraus, dem fünf Tafeln – nummeriert von I bis V – folgen, wobei jede Tafel vier Karten enthält, also insgesamt 20 Karten. Das Referenzjahr war das Jahr 1885 (= 1885.o). Dieser Atlas ist in vieler Hinsicht von großem

⁹⁴ Im Jahre 1830 veröffentlichte Duperrey seine Ergebnisse unter dem Titel „Notice sur la Configuration de l'équateur magnétique, conclue des observations faites dans la campagne de la corvette la Coquille“ (Duperrey 1830), der eine riesige Karte mit dem Titel „La configuration de l'équateur magnétique“ beigefügt war.

Interesse. Hier wurden zum Beispiel den aktuellen Karten stets die CGS-Einheiten⁹⁵ zugrundegelegt, wie dies erstmals Gauß in seiner „Intensitas“ vorgeschlagen hatte (Gauß 1832, 1833, 1841a). Im Zusammenhang mit Hansteen und Gauß ist bemerkenswert, dass hier sowohl vier Karten von Hansteen als auch eine Karte von Gauß und Weber wiedergegeben wurden. Im Folgenden werden diese fünf Tafeln im Detail vorgestellt:

- I: [Große Karte:] Linien gleicher Deklination (Isogonen) für 1885.
[Kleinere Karten:]
a) Säkular-Änderung der magnetischen Deklination für die Epoche um 1870–1890;
b) Linien gleicher Declination 1885 in den Polar-Gebieten;
c) Tägliche Variation der magnetischen Deklination.
- II: [Große Karte:] Die magnetischen Meridian-Kurven und Gleichgewichts-Linien (V/R) in C. G. S. für 1885.
[Kleinere Karten:]
a) Linien gleicher magnetischer Total-Intensität (Isodynamen) in C. G. S. für 1885;
b) Linien gleicher magnetischer Total-Intensität (Isodynamen) in C. G. S. für 1885 in den Polar-Gebieten;
c) Karte der gleichen Werthe des Magnetischen Potentials V/R nach Gauss und Weber (Magnetische Gleichgewichts-Linien für 1830) in Einheiten d[es] Atlas v[on] Gauss u[nd] Weber.
- III: [Große Karte:] Linien gleicher magnetischer Inklination (Isoklinen) für 1885.
[Kleinere Karten:]
a) Linien gleicher Inklination (Isoklinen) für 1700, mit Isoklinen für 1600 (nach der Karte von Chr. Hansteen);
b) Isoklinen für 1885 in den Polar-Gebieten;
c) Linien gleicher Inklination (Isoklinen) für 1780 nach Chr. Hansteen.
- IV: [Große Karte:] Linien gleicher magnetischer Horizontal-Intensität für 1885 in Elektrischer Einheit C. G. S.
[Kleinere Karten:]
a) Linien gleicher Total-Intensität (Isodynamen) n[ach] Sabine aus allen Beobachtungen bis 1838 und in willkürlicher Einheit;
b) Linien gleicher magnetischer Horizontal-Intensität für 1885 in den Polar-Gebieten;
c) Linien gleicher Total-Intensität (Isodynamen) n[ach] Sabine für die Epoche 1840–1845 in Englischer Einheit (0,046108 x Engl. Einh. = Elektrische Einheit).

⁹⁵ System basierend auf den Einheiten: Zentimeter, Gramm, Sekunde (englisch: Centimetre, Gram, Second).

- V: Änderung der magnetischen Deklination im Zeitraum von 1600–1858.
 [Die Tafel besteht aus folgenden vier gleichgroßen Karten:]
- Karte der Linien gleicher Deklination (Isogonen) (nach der Karte von Chr. Hansteen) für 1600;
 - Karte der Linien gleicher Deklination (Isogonen) (nach der Karte von Chr. Hansteen) für 1800;
 - Karte der Linien gleicher Deklination (Isogonen) (nach der Karte von Edmond Halley) für 1700;
 - Karte der Linien gleicher Deklination (Isogonen) (nach der Karte der Britischen Admiralität) für 1858.

Hier wurde, wie die Tafel II zeigt, erstmals nach Gauß' und Webers „Atlas des Erdmagnetismus“ (Gauß/Weber 1840) ein Nachdruck der Karte der Äquipotentiallinien vorgestellt (siehe Kap. 3.7.1), als Beigabe zu einer großen Karte mit „magnetischen Meridian-Kurven und Gleichgewichts-Linien für das Jahr 1885“. Die Bezeichnungweise „Äquipotentiallinien“ für die von Neumayer als „Gleichgewichts-Linien“ bezeichneten Kurven bürgerte sich erst später ein. Neumayer schrieb dazu:

Diese Karte stellt in Merkator's Projection die magnetischen Meridiankurven und die Gleichgewichtslinien (Linien gleichen magnetischen Potentials V/R) für 1885,0 dar. Die Meridiankurven sind durch Konstruktion aus der Deklination (Isogonenkarte) erhalten worden, während die Gleichgewichtslinien nach der Gauß'schen Theorie durch Rechnung abgeleitet sind. Die Werte der Linien sind in der C. G. S.-Einheit ausgedrückt. Es ist aus der Theorie bekannt, daß die Gleichgewichtslinien in einem jeden Falle in einem und demselben Punkte der Erdoberfläche senkrecht auf den Meridiankurven, d. h. auf der Richtung der Magnetnadel, stehen müssen. Man kann eine unendliche Anzahl solcher Meridiankurven auf der Erde von Pol zu Pol gezogen sich denken. Wählt man aber einen bestimmten Abstand derselben, so daß, wie auf unserer Karte, die einzelnen Kurven auf dem terrestrischen Äquator etwa 10° der Länge voneinander abstehen, so erhält man ein System von Kurven, das mit den Gleichgewichtslinien, namentlich wenn auf der Kugel projiziert, ein vortreffliches Bild der Verteilung der magnetischen Kraft auf der Erdoberfläche gewährt (Berghaus 1892, IV. Abt., S. 15).

Im letzten Abschnitt behandelte Neumayer „Die Gauß'sche Theorie des Erdmagnetismus, angewendet auf die Karten der magnetischen Elemente für 1885“ (Berghaus 1892, IV. Abt., S. 18–20). Hier wurden auch die 24 Koeffizienten bzw. Konstanten erwähnt, die Gauß seiner Theorie zugrundegelegt hatte.