

Der Gauß-Weber-Telegraf

SAMMLUNG UND PHYSIKALISCHES MUSEUM
FAKULTÄT FÜR PHYSIK

UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

Magdalena Kersting

(magdalena.kersting@stud.uni-goettingen.de)

WiSe 2012/13

Zusammenfassung

Von 1833 bis 1845 überspannte ein Kupferdraht die Göttinger Innenstadt. Die Leitung, die die Sternwarte in der Geismar Landstraße über das Accouchierhaus und die Johanniskirche mit dem Physikalischen Kabinett am Papendiek verband, ermöglichte dem berühmten Carl Friedrich Gauß Nachrichten mit Lichtgeschwindigkeit an den Physiker und Kollegen Wilhelm Eduard Weber zu schicken. Gauß und Weber waren damit Pioniere einer Technologie, die auf den grundlegenden Erkenntnissen zum Elektromagnetismus fußte, die Wissenschaftler im 19. Jahrhundert gewannen. Ziel dieser Ausarbeitung ist die Darstellung der Entwicklungsgeschichte und eine Diskussion der Funktionsweise des sogenannten Gauß-Weber-Telegrafen, dessen Nachbau heute in der Sammlung historischer physikalischer Apparate im 1. Physikalischen Institut steht.



Abbildung 1: Der Gauß-Weber-Telegraf im Physikalischen Museum. Dieses Modell ließ Weber zwischen 1848 und 1873 anfertigen.

Inhaltsverzeichnis

1	Gauß und Weber - wissenschaftlicher Hintergrund	4
2	Die Physik am Anfang des 19. Jahrhunderts	5
3	Der Gauß-Weber-Telegraf	6
3.1	Übersicht	6
3.2	Forschungen zum Erdmagnetismus	8
3.3	Das Prinzip der elektromagnetischen Induktion	8
3.4	Aufbau des Telegrafen	9
4	Anekdoten zum Gauß-Weber-Telegrafen	11
5	Einfluss des Gauß-Weber-Telegrafen	12
5.1	Die Weltausstellung 1873	12
5.2	Das Gauß-Weber-Denkmal	12
5.3	Der Gauß-Weber-Laser	13
	Literatur	15
	Abbildungsverzeichnis	15

1 Gauß und Weber - wissenschaftlicher Hintergrund

Carl Friedrich Gauß, geboren 1777 in Braunschweig und bis zu seinem Tod im Jahr 1855 in Göttingen lebend, war von Anfang an ein „Wunderknabe“ mit einem außergewöhnlichen mathematischen Talent. Noch vor Vollendung seines 19. Lebensjahrs schlug er mit der Konstruktion des regelmäßigen 17-Ecks ein neues Kapitel in der 2.000 Jahre zuvor ins Stocken geratenen euklidischen Geometrie auf. Vom König in Hannover als „Fürst der Mathematik“ geehrt und gefördert, stieg Gauß schnell zum ordentlichen Professor der Georg-August-Universität auf und wurde mit nicht einmal 30 Jahren Direktor der Sternwarte, in der er fast 50 Jahre arbeitete. Endgültig Berühmtheit erlangte der Mathematiker, der zwischenzeitlich sein Geld als Geodät verdiente, durch die korrekte Vorhersage der Flugbahn des Zwergplaneten Ceres, der 1801 zwar gesichtet wurde, dessen Spur den damaligen Astronomen aber wieder abhanden kam.

Wilhelm Eduard Weber, der 1804 in Wittenberg geboren wurde und in Halle seine physikalische Ausbildung erhielt, arbeitete viele Jahre als Professor für Physik in Göttingen unter anderem mit Gauß zusammen. Er erlangte vor allem durch seine Untersuchungen zur Elektrodynamik und zu elektrodynamischen Messverfahren Bekanntheit. Die heutige Einheit des magnetischen Flusses „Weber“ ($[\Phi_B] = \text{Wb}$) ist nach dem Physiker benannt.

Gauß und Weber lernten sich 1828 in Berlin auf einer Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte kennen. Weber war 27 Jahre jünger als Gauß, doch trotz dieses großen Altersunterschiedes war Gauß von den Beiträgen Webers beeindruckt und setzte sich dafür ein, dass der junge Physiker den Lehrstuhl für Physik an der Universität Göttingen erhielt. Weber kam im September 1831 in Göttingen an und bezog das „Physikalische Cabinet“ am Papendiek – die Strecke von Halle bis nach Göttingen hatte er zu Fuß zurück gelegt. Schnell entwickelte sich zwischen Gauß und Weber eine rege Zusammenarbeit, die von der wissenschaftlichen Entdeckung der elektromagnetischen Induktion durch Faraday beflügelt wurde. Doch diese Zusammenarbeit währte nur wenige Jahre. Als einer der „Göttinger Sieben“ wurde Weber von König Ernst August 1837 seines Amtes enthoben, da er gegen den Bruch der Landesverfassung durch den König protestiert hatte. Erst 1849 konnte Weber nach Göttingen zurückkehren. Das in der Zwischenzeit von Jo-

hann Benedikt Listing geführte physikalische Institut wurde daraufhin zweigeteilt – Weber übernahm den Lehrstuhl für Experimentalphysik, Listing den für mathematische Physik.

Obwohl Weber ein begnadeter Physiker war, ist diese Beschwerde von G.E.F. Hoppenstedt zu Webers Lehrfähigkeiten durch einen Brief vom 29.4.1833 an Gauß überliefert:

„...Schade nur, daß dieser gewiß sehr geistvolle Gelehrte noch immer nicht dahin gelangen kann, seinen Vorlesungen die erforderliche Klarheit und Verständlichkeit zu geben und daß daher viele Studierende, die sich diesem Fache nicht ex professo widmen, es unterlassen Physik zu hören. Euer Hochwohlgebohren würden Sich ein großes Verdienst erwerben, wenn Sie den Ursachen, auf welchen die vielfachen Klagen über die Unklarheit des Vortrags des Herrn Prof. Weber beruhen, nachforschen und ihn sodann darauf freundschaftlich aufmerksam machen wollten...“¹

2 Die Physik am Anfang des 19. Jahrhunderts

Die Telegrafenkonstruktion von Gauß und Weber ist Zeugnis des aufkommenden Interesses und immer tieferen Verständnisses elektromagnetischer Phänomene im 19. Jahrhundert. Immer neue Entdeckungen auf dem Gebiet der Elektrizität erweiterten kontinuierlich den Horizont der damaligen Physik. So beobachtete im Jahr 1819 Hans Christian Ørsted zum ersten Mal, dass eine Magnetnadel abgelenkt wird, wenn sie sich in der Nähe eines stromdurchflossenen Leiters befindet. Das bekannte Ohmsche Gesetz, das den Zusammenhang zwischen Stromstärke, Spannung und Widerstand beschreibt, wurde acht Jahre später von Georg Simon Ohm formuliert. 1831, das Jahr, in dem Weber seine Professur in Göttingen antrat, gelang Michael Faraday ein wissenschaftlicher Durchbruch: Er entdeckte die elektromagnetische Induktion, also das Prinzip, auf das die Telegrafenableitung von Gauß

¹Folkerts, M.: C.F. Gauß' Beitrag zur Besetzung von Professuren an der Universität Göttingen (Brief Nr. 6), in: Gauß-Gesellschaft e.V. Göttingen, Mitteilungen Nr. 32, Göttingen 1995, S.17

und Weber zwei Jahre später zurückgriff. Gauß verband geistesgegenwärtig seine zuvor begonnenen magnetischen Messungen mit diesem neuen Effekt:

„Meine magnetischen Apparate habe ich erst ganz seit Kürze mit dem Galvanismus in Verbindung zu setzen angefangen, ein für mich noch fast ganz neues Feld, wo sich aber eine unabsehbare Aussicht zu neuen Versuchen eröffnet. Sie können sich keine schönere Art zum Messen des galvanischen Stromes denken wie mit meinen Apparaten. Die Ihnen ohne Zweifel bekannten Messungen von Fechner, von denen mir Weber sagte, daß sie die feinsten bisher gemachten seien, erscheinen hier mir wie grobe Annäherungen.“²

Die Erforschung des Elektromagnetismus gipfelte letztendlich in der Formulierung der Maxwell-Gleichungen in den 60er Jahren des 19. Jahrhunderts. Diese von James Clerk Maxwell entdeckten partiellen Differentialgleichungen stellen bis heute zusammen mit der Lorentzkraft die theoretische Grundlage der gesamten Elektrodynamik dar.

3 Der Gauß-Weber-Telegraf

3.1 Übersicht

1833 konstruierten Gauß und Weber den ersten elektromagnetischen Telegrafen der Welt und verbanden damit die Erforschung der zwei Jahre zuvor entdeckten elektromagnetischen Induktion mit Gauß' magnetischen Messungen. Über eine Strecke von 1,1 Kilometer erstreckte sich ein Kupferdraht von Webers Kabinett am Papendiek zur Johanniskirche über den Marktplatz bis zu Gauß' Sternwarte in der Geismar Landstraße. Die Leitung diente den beiden Forschern zur Kommunikation, wurde aber aus rein wissenschaftlichem Interesse gebaut und nicht wirtschaftlich vermarktet. Dies geschah zwei Jahre später unabhängig von den Göttingern durch Samuel Morse, dessen Morse-Apparat auf einem ganz ähnlichen

²SUB Göttingen: Cod. Ms. Gauß Briefe B: Gerling Nr. 92

Prinzip beruhte und der den weltweiten Siegeszug der modernen Telekommunikationstechnik einläutete. Gauß und Weber waren sich indes der kommerziellen Möglichkeiten ihrer Konstruktion bewusst, was folgender Ausschnitt aus einem Brief von Gauß am 11. September 1835 zeigt.

„Mich soll wundern, wo man zuerst die elektromagnetische Telegraphie praktisch und im großen Maßstab ins Leben treten lassen wird. Früher oder später wird dies gewiß geschehen, sobald man nur erst eingesehen haben wird, daß sie sich ohne Vergleich wohlfeiler einrichten lässt als die optische Telegraphie. Die Telegraphie durch Benutzung der Induktion bedarf nur einer einfachen Kette, und ich glaube, daß man es dahin bringen kann, acht bis zehn Buchstaben in der Minute zu transmittieren. (...) Bei mir bleibt dies freilich nur eine Idee, da ich mich auf kostspielige Versuche, die keinen unmittelbaren wissenschaftlichen Zweck haben, nicht einlassen kann.“³

Der Telegraf selbst bestand aus einem Sender, einem Leiter und einem Empfänger. Der Leiter, also der gespannte Kupferdraht, verband zwei Spulen miteinander: Eine in Webers Kabinett und eine in der Sternwarte von Gauß. Beide Spulen waren locker um einen Magnetstab gewickelt und konnten entlang des Stabes bewegt werden. Das elektromagnetische Prinzip der Induktion löste bei einer Bewegung der Sender-Spule einen Stromstoß aus, der über den Draht zur anderen Spule geleitet und dort wieder in Bewegung übersetzt wurde. Das Ausschlagen der Spule beim Empfänger wurde dabei durch ein System von Spiegeln und Fernrohren vergrößert und sichtbar gemacht. Gauß und Weber entwickelten eigens ein Binär-Code-System, das auf dem Richtungs ausschlag der Spulen beruhte und das jedem Buchstaben eine Kombination von mehreren Ausschlägen zuordnete. 1845 zerstörte ein Blitzschlag die Göttinger Telegraf-Leitung. Gauß, der mittlerweile ein weltweites Netz von Beobachtungsstationen zur Messung des Erdmagnetfeldes initiiert und sich wissenschaftlich bereits wieder anderen Themen zugewendet hatte, ließ den Telegraf nicht mehr reparieren. Weber war zu diesem Zeitpunkt

³Brief von Gauß an Baron Schilling von Cannstadt, vorübergehend in Bonn, am 11. September 1835

bereits nicht mehr in Göttingen. Ein Modell des Telegrafen, dessen Bau noch von Weber selbst anlässlich der Weltausstellung 1873 in Wien in Auftrag gegeben wurde, ist bis heute in der Historischen Sammlung des 1. Physikalischen Instituts in Göttingen ausgestellt.

3.2 Forschungen zum Erdmagnetismus

Die physikalische Zusammenarbeit von Gauß und Weber konzentrierte sich seit der Ankunft Webers in Göttingen auf die Erforschung des Erdmagnetismus. Die beiden Forscher führten ihre Messungen mithilfe von Magnetometern durch, die zur damaligen Zeit aus frei beweglichen Stabmagneten bestanden, deren Ablenkung aus der Ruhelage durch eine Konstruktion von Spiegeln und Fernrohren abgelesen werden konnte. Um möglichst präzise Ergebnisse zu erhalten, ließ Gauß extra ein magnetisches Observatorium frei von jeglichem Eisen bauen, das die empfindlichen Messungen eventuell hätte stören können. Im Zuge der Messreihen erwies es sich als nützlich, zeitgleich Messungen im Physikalischen Kabinett und der Sternwarte ausführen zu können. Der Wunsch nach einer direkten Kommunikation zwischen diesen beiden Orten kam genau zur rechten Zeit – die kurz zuvor entdeckte elektromagnetische Induktion stellte die ideale Grundlage dar, um mittels eines Telegrafen ohne nennenswerten Zeitverlust miteinander kommunizieren zu können.

3.3 Das Prinzip der elektromagnetischen Induktion

Die elektromagnetische Induktion ist ein Phänomen des Elektromagnetismus: Bewegt sich ein Leiter durch ein Magnetfeld, induziert dieser Vorgang einen elektrischen Strom im Leiter. Dieses Prinzip liegt beispielsweise Generatoren, Transformatoren oder elektrischen Motoren zugrunde. Mathematisch korrekt lässt sich die elektromagnetische Induktion durch die Maxwell-Faraday-Gleichung beschreiben:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (1)$$

Hierbei stehen \mathbf{E} und \mathbf{B} für das elektrische bzw. magnetische Feld, die beide sowohl vom Ort als auch der Zeit abhängen können. Definiert man den magnetischen Fluss

durch

$$\Phi_B = \iint_{\Sigma(t)} \mathbf{B}(\mathbf{r}, t) \cdot d\mathbf{A},$$

wobei $\Sigma(t)$ eine (zeitabhängige) Oberfläche beschreibt und $d\mathbf{A}$ das zu $\Sigma(t)$ gehörige Flächenelement angibt und wendet auf die Maxwell-Faraday-Gleichung (1) das Stokes-Theorem an, erhält man

$$\oint_{\partial\Sigma} \mathbf{E} \cdot d\boldsymbol{\ell} = - \int_{\Sigma} \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{A}. \quad (2)$$

Hierbei beschreibt $d\boldsymbol{\ell}$ das Linienelement des Oberflächenrandes $\partial\Sigma$. In dieser integralen Form der Maxwell-Faraday-Gleichung erkennt man leicht, dass ein elektrisches Feld durch die Änderung des magnetischen Flusses durch eine Fläche entsteht, und dass es durch die Spannung am Rand der Fläche nachgewiesen werden kann. Das ist genau das Prinzip der elektromagnetischen Induktion.

3.4 Aufbau des Telegrafens

Sender Der Sender des Telegrafens war ein Induktionsapparat und bestand aus einer mit Kupferdraht gewickelten Spule, deren Drahtenden mit dem Empfänger verbunden waren. Die Spule war über einen großen Stabmagneten gewickelt und bewegte man sie entlang des Magneten entstanden durch Induktion kurze Stromstöße. In Abbildung 1 erkennt man von der Spule nur die zylindrische Holzummantelung mit zwei Handgriffen aus Messing, auf dem Magneten ist der magnetische Nordpol durch NII gekennzeichnet. Durch eine Wippe konnte die Spule um einen wohldefinierten Abstand bewegt werden und ein umpolender Schalter (Kommutator) erlaubte das Aussenden von positiven und negativen Spannungstößen.

Empfänger Ein Magnetometer stellte den Empfangsapparat des Telegrafens dar. Er bestand aus einem großen Holzrahmen, der den von einer Spule umwickelten freischwingenden Stabmagneten hielt. An dem Magneten war ein Spiegel befestigt, der die übertragenen Signale mithilfe eines Fernrohrs und einer Ableseskala sichtbar machte: Floss Strom durch die Spule, baute sich ein Magnetfeld auf, dass

den Magneten aus der Ruhelage ablenkte - je nach Stromrichtung nach links oder rechts. Um das störende Schwingen des Magneten zu unterdrücken, wurde dieser an zwei Fäden aufgehängt (Bifilarmagnetometer) und später bremsen Dämpferspulen durch Rückinduktion zusätzlich die Schwingungen.

Leiter Jeweils eine Sende- und eine Empfangseinheit waren sowohl in Webers Kabinett als auch in Gauß' Sternwarte aufgestellt und über die Leitung des Telegrafens verbunden. Welche Probleme das Spannen der Drahtleitung zu Anfang bereitete, zeigen folgende zwei Zitate von Gauß und Weber.

„Eine Drahtverbindung zwischen der Sternwarte und dem Physikalischen Cabinet ist eingerichtet; ganze Drahtlänge circa 5000 Fuß. Unser Weber hat das Verdienst, diese Drähte gezogen zu haben (über den Johannisturm und Accouchirhaus) ganz allein. Er hat dabei unbeschreibliche Geduld bewiesen. Fast unzählige Male sind die Drähte, wenn sie schon ganz oder zum Theil fertig waren, wieder zerrissen (durch Muthwillen oder Zufall). Endlich ist seit einigen Tagen, wie es scheint, die Verbindung sicher hergestellt; statt des frühern feinen Kupferdrahts ist etwas starker Eisendraht (gefirnisst) angewandt.“⁴

„Vor 50 Jahren habe ich nicht geahndet, daß der damals aufgezogene Draht nach so langer Zeit noch solche Aufmerksamkeit erwecken würde [...] Dieser Draht war sehr dünn, so daß er beim ersten Stürmen zerriß, jedoch bald durch einen stärkeren und mehr fachgerechten Draht ersetzt wurde.“⁵

Die Leitung aus zwei parallelen Drähten bestand zuerst aus Kupfer, später dann aus Eisen und wurde durch einen Bindfaden stabilisiert. Der Draht verlief vom Physikalischen Kabinett über die Universitätsbibliothek (Paulinerkirche), den nördlichen Johannisturm, die Universitätsapothek und das Accouchierhaus bis zur

⁴SUB Göttingen: Cod. Ms. Gauß Briefe B: Humboldt Nr. 1.

⁵SUB Göttingen: Cod. Ms. W. E. Weber 31.

Sternwarte in der Geismar Landstraße, die damals noch außerhalb der Stadttore lag. Nach den ersten erfolgreichen Übertragungen wurde die Leitung noch bis zum Magnetischen Observatorium hinter der Sternwarte verlängert. Neben den technischen Schwierigkeiten musste Weber auch organisatorische Probleme überwinden: Es galt die Erlaubnis der Stadtverwaltung einzuholen, die Weber erst nach einem längeren Briefwechsel mit dem damaligen Göttinger Magistratsdirektor erhielt.

4 Anekdoten zum Gauß-Weber-Telegrafen

Einer Anekdote zufolge erlaubte sich Gauß bei der Übermittlung seiner ersten telegrafischen Nachricht einen Spaß: Sein Assistent Michelmann und die codierte Nachricht „Michelmann kommt“ lieferten sich einen Wettlauf von der Sternwarte zu Webers Arbeitsplatz. Wer letztendlich zuerst das physikalische Kabinett erreichte, ist nicht überliefert – bei einer durchschnittlichen Übertragungszeit von knapp zehn Sekunden pro Zeichen hatte Michelmann immerhin eine kleine Chance, bei diesem ungleichen Duell zu gewinnen.

Wahrscheinlicher ist jedoch, dass der Ausspruch „WISSEN VOR MEINEN, SEIN VOR SCHEINEN“ Inhalt des ersten gesendeten Telegramms war. Diese Worte finden sich in Gauß' Handschrift zum Binärcode codiert in seinen Aufzeichnungen.

Doch nicht nur um den Anfang der Telegrafenleitung ranken sich Geschichten. Auch das Ende des durch Göttingen gespannten Drahts war spektakulär: Bei einem Gewitter traf ein Blitzschlag die Konstruktion und die durch die Luft wirbelnden, brennenden Drahtstücke trafen den Hut einer Dame, der daraufhin in Flammen aufgegangen sein soll. Gauß selbst beschreibt in einem Brief vom Dezember 1845 folgendes Szenario:

„Der auf den Johannisturm aufgefallene sehr starke Blitzschlag hat sich wahrscheinlich ganz auf diese Drähte verteilt, sie alle zerstört, in teils größere, teils kleinere Stücke zerlegt, Stücke von vier bis fünf Zoll Länge und zahllose Kügelchen wie Mohnkörner, die alle einen prachtvollen Feuerregen gebildet haben. [...] Schaden ist gar nicht geschehen, außer dass einer Dame von herabfallenden glühenden Drahtstücken ein paar Löcher durch den Hut gebrannt sind, aber sehr wahrscheinlich haben die Drähte den Turm geschützt, der gar keine Ableitung darbietet, und, entzündet, bei dem heftigen Sturm vielleicht Bibliothek und Stadt in große Gefahr gebracht haben würde.“⁶

5 Einfluss des Gauß-Weber-Telegraphen

5.1 Die Weltausstellung 1873

Nach dem Ende der Göttinger Telegrafienleitung 1845 und durch den in den Jahren danach angetretenen Siegeszug des amerikanischen Telegrafiesystems von Morse geriet die wissenschaftliche Leistung von Gauß und Weber zunächst in Vergessenheit. Erst im Zuge der Vorbereitungen zur Weltausstellung 1873 in Wien, Gauß war seit fast 20 Jahren tot, erinnerte man sich wieder an die Leistung der beiden deutschen Wissenschaftler. Die „Kaiserliche General-Direction der Telegraphen“ fragte bei der Universität Göttingen an, ob die Originalgeräte für Ausstellungszwecke zu Verfügung stehen würden. Weber ließ daraufhin einen Nachbau des Telegraphen in Auftrag geben. Es ist der Aufbau, der heute noch in der historischen Sammlung des 1. Physikalischen Instituts erhalten ist.

5.2 Das Gauß-Weber-Denkmal

Als Weber im Sommer 1891 starb, kam in Göttingen die Idee auf, den großen Physiker durch eine Statue zu ehren. Der damalige Göttinger Oberbürgermeister Merkel setzte sich dafür ein, Weber zusammen mit seinem berühmten Freund und Kollegen Gauß auf einem gemeinsamen Denkmal darzustellen. Am 17. Juni 1899

⁶SUB Göttingen: Cod. Ms. Gauß Briefe B: Schumacher Nr. 475

wurde das von dem Bildhauer Hartzer geschaffene Denkmal eingeweiht. Es zeigt Weber, vor dessen Fuß eine Drahtrolle liegt und der sich neben seinem sitzenden Kollegen Gauß auf dem Zeichengeber des Telegrafen abstützt. Die Statue steht noch heute in Göttingen in den Grünanlagen der Bürgerstraße.



Abbildung 2: Das Gauß-Weber-Denkmal in der Bürgerstraße in Göttingen.

5.3 Der Gauß-Weber-Laser

2006 griff das „Measurement Valley“, das die Interessen der regionalen Messtechnikunternehmen bündelt, Gauß und Webers historisches Erbe auf. Im Gedenken an den großen Mathematiker und die weltweit erste Telegrafen-Leitung wurde die

Konstruktion im Jahr 2006 durch eine Laser-Installation – den Gauß-Weber-Laser – wiederbelebt. So werden heute wie zu Zeiten Gauß' und Webers Nachrichten durch Göttingen geschickt – nach einer Startsequenz erleuchteten Buchstaben codiert durch lange und kurze Laser-Pulse den Nachthimmel. Los geht das abendliche Spektakel immer zur übernächsten vollen Stunde nach Sonnenuntergang und für zwei Stunden können die Göttinger zum Beispiel vom Wochenmarkt oder dem Gänseliesel aus den Blick nach oben richten und sich an die Entschlüsselung wagen. Neugierige können im Internet auf der Webseite von Measurement Valley (www.measurement-valley.de/gauss-weber-telegraf) den Laser-Code und natürlich auch die Auflösung der verschlüsselten Nachrichten jederzeit einsehen.



Abbildung 3: Die historische Sternwarte, auf die der Strahl des Gauß-Weber-Lasers gerichtet ist.

Literatur

- [Arn82] Karl Arndt. Zum Göttinger Gauß-Weber-Denkmal, 1982.
- [BvM96] Gustav Beuermann and Gunter v. Minnigerode. Die Sammlung historischer physikalischer Apparate im I.Physikalischen Insitut, 1996.
- [Mit05] Elmar Mittler. „Wie der Blitz einschlägt, hat sich das Räthsel gelöst“ - Carl Friedrich Gauß in Göttingen, 2005.

Abbildungsverzeichnis

1	Der Gauß-Weber-Telegraf im Physikalischen Museum. Foto von Frank Stefan Kimmel	2
2	Das Gauß-Weber-Denkmal. Foto von Longbow4u/Wikimedia Commons	13
3	Die historische Sternwarte. Foto von Magdalena Kersting	14