

Messung des Erdmagnetismus nach Carl Fridrich Gauß und Wilhelm Weber

Heino Hildebrandt, Lars Hoegen, Arne Winterboer

10. Dezember 2004

1 Einleitung

Die Beschreibung und Quantifizierung des Naturphänomens Magnetismus stellte die ersten Wissenschaftler, die sich damit beschäftigten, vor das Problem eines unabhängigen Vergleichsmaßstabs. Da sich der Magnetismus der unmittelbaren sensorischen Wahrnehmung durch den Menschen entzieht, gab es erste Ansätze hierzu erst vergleichsweise spät. Sie fußten auf der Bestimmung der Kraftwirkung eines Magneten als Maß für seine Stärke. Dabei stellt sich aber die Frage nach der Einheit der Magnetstärke bzw. das Problem eines Normmagneten. Da Magnete aufgrund äußerer Einflüsse ihre Magnetisierung mit der Zeit verändern, kann ein solcher nicht konstruiert werden.

Erste Versuche, das Erdmagnetfeld zu vermessen, beruhten auf dem Vergleich von Wirkungen auf einen Meßmagneten an verschiedenen Punkten der Erde. Hierbei erhielt man aber nur einen relativen Ausdruck für die Magnetfeldstärke, relativ zu der an einem anderen Ort.

CARL FRIEDRICH GAUSS und WILHELM WEBER veröffentlichten 1832 eine Beschreibung eines Verfahrens, in dem durch Vergleich zweier Messungen, die auf unterschiedlichen Phänomenen beruhen, eine Quantifizierung des Magnetfeldes eines Magneten in einem absoluten Maßsystem zu gewinnen, denn durch den Vergleich wurden die Eigenschaften von Meßmagneten eliminiert. Sie haben ihre Untersuchungen am Erdmagnetfeld durchgeführt und begründeten damit ein neues Forschungsgebiet.

Wir werden die von Gauß und Weber durchgeführten Messungen in diesem Versuch nachzeichnen.

2 Theorie

Das Erdmagnetfeld wird verursacht durch Konvektionsströme im eisenhaltigen äußeren Erdkern. Auf der Erde bilden diese einen magnetischen Nordpol in der Nähe des geographischen Südpols und einen magnetischen Südpol in der Nähe des geographischen Nordpols aus. Das daraus resultierende Magnetfeld wird an verschiedenen Punkten der Erde unterschiedlich wahrgenommen. Betrachtet man bei der Messung eine horizontale Komponente und eine vertikale Komponente der Magnetfeldrichtung, stellt man fest, daß in der Nähe der Pole die vertikale Komponente groß wird, während in der Nähe des Äquators die horizontale Komponente größer ist als die vertikale.

Ziel der Arbeit von Gauß und Weber war die Rückführung der Beschreibung des Erdmagnetfelds auf feste, bekannte Größen wie Zeit, Länge und Masse. Sie verglichen dazu in zwei

Versuchen die magnetische Kraft M eines Stabs mit der waagerechten Kraftkomponente T des Erdmagnetfelds.

Der erste Versuch, der die Oszillation eines drehbar aufgehängten Magnetstabs um seine Ruhelage untersucht, liefert als Ergebnis ein Produkt aus M und T . Der zweite Versuch untersucht die Auslenkung, die der im ersten Versuch verwendete Magnetstab auf eine Kompaßnadel auswirkt; er liefert als Ergebnis einen Quotienten aus M und T . Durch Kombination der Meßergebnisse läßt sich das magnetische Moment M des Stabs eliminieren und man hat eine Größe T für die Stärke des Erdmagnetfeldes.

2.1 Versuch I: Die Ermittlung von MT

Bringt man einen an einem Kupferdraht frei pendelnd aufgehängten Magnetstab ins Erdmagnetfeld, so wird sich dieser nach gewisser Zeit entlang der magnetischen Feldlinien der Erde ausrichten. Lenkt man den Stab nun aus seiner Ruhelage aus, so oszilliert er mit einer meßbaren Periodendauer, die Rückschlüsse auf die Stärke des Erdmagnetfeldes zuläßt.

Unter der Voraussetzung, daß man den Magneten nur um einen kleinen Winkel aus der Ruhelage auslenkt, kann man seine Bewegung mit den Gleichungen eines physikalischen Pendels beschreiben. Wenn t die Periodendauer, k das Trägheitsmoment und das Produkt gG das Drehmoment des Pendels beschreibt, gilt

$$t = \pi \sqrt{\frac{k}{gG}} \quad (1)$$

Betrachtet man nun einen Magnetstab der Länge l mit den Polmagnetstärken $+m$ bzw. $-m$, der im Erdmagnetfeld im einen kleinen Winkel aus der Parallele zu den Erdmagnetfeldlinien ausgelenkt wird, so übt die Feldstärke T desselben eine Kraft der Stärke mT auf den Magnetstab aus. Diese Kraft greift im Abstand $l/2$ vom Drehpunkt des Magnetstabs an und erzeugt somit ein Drehmoment der Stärke $2\frac{l}{2}mT$. Das Produkt aus magnetischer Polstärke m und Länge des Stabs l ergibt aber gerade das magnetische Moment des Stabs, daher hat das vom Erdmagnetfeld provozierte Drehmoment die Stärke MT .

Für die Schwingungsdauer eines solchen, aus der Ruhelage ausgelenkten Magnetstabs im Erdmagnetfeld gilt gemäß Gleichung (1)

$$t = \pi \sqrt{\frac{k}{MT}} \quad \Leftrightarrow \quad MT = \frac{\pi^2 k}{t^2} \quad (2)$$

Das Trägheitsmoment des hier verwendeten Magnetstabs muß nun noch ermittelt werden, z.B. mit dem aus dem Anfängerpraktikum bekannten Versuch mit dem Drehtisch, vgl. [1]. In der Literatur, z.B. in [2] findet sich zur Berechnung des Trägheitsmoments eines Quaders mit den Kantenlängen a, b und c und der Masse m_s die Formel

$$K = \frac{1}{12} m_s (b^2 + c^2) \quad (3)$$

Dieses gilt bezüglich einer zur Seite a parallelen Achse durch den Schwerpunkt des Körpers. Der von uns betrachtete Magnetstab rotiert um seinen Schwerpunkt durch eine zur Höhe parallelen Achse, d.h. für uns sind Länge L und Breite B maßgeblich.

Aus Gleichung (2) wird somit

$$MT = \frac{\pi^2 K}{t^2} = \frac{1}{12} \frac{\pi^2 m_s (B^2 + L^2)}{t^2} \quad (4)$$

Das Torsionsmoment, daß die Aufhängung verursacht und das dem des Erdmagnetfelds entgegenwirkt, können wir aufgrund der Bauweise der Aufhängung vernachlässigen. Gleiches gilt für das Trägheitsmoment der Aufhängung.

2.2 Versuch II: Bestimmung von $\frac{M}{T}$

Zur Bestimmung des Quotienten aus magnetischem Moment M und waagerechter Kraftkomponente T des Magnetfeldes untersuchen wir den Einfluß des im Versuch I verwendeten Magneten auf eine Kompaßnadel, die sich im Erdmagnetfeld ausgerichtet hat. Dazu unterscheiden wir zwei Fälle, die von Gauß als erste bzw. zweite Hauptlage bezeichnet wurden. Wir gehen dabei davon aus, daß Magnetstab und Kompaßnadel gleichmäßig magnetisiert sind (d.h. die Polstärken sind gleich und symmetrisch um die Drehachse verteilt) und daß der Abstand zwischen Magnetstab und Kompaßnadel groß ist im Vergleich zur Länge der Nadel.

2.2.1 Erste Hauptlage

Gemäß Abbildung 1 bezeichnen wir die die Anordnung, bei der der Magnetstab mit seiner Längsachse senkrecht zum magnetischen Meridian der Erde steht und bei der die Verlängerung der Längsachse durch den Drehpunkt der Magnetnadel verläuft, als „Erste Hauptlage“.

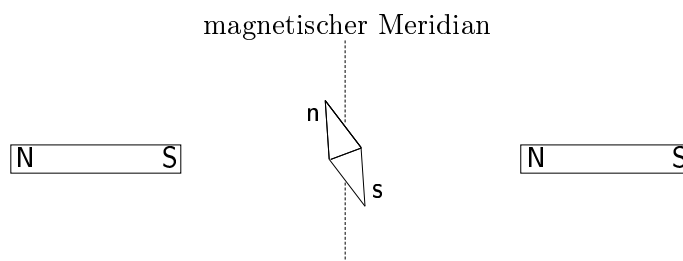


Abbildung 1: Erste Hauptlage nach Gauß

Habe die Kompaßnadel ns die Polstärken $+m'$ und $-m'$ und die Länge l' , der Magnetstab NS die Polstärken $+m$ und $-m$ und die Länge l und betrage der Abstand der Magnetstabmitte zur Kompaßnadelmittle L . Wenn man die Kräfte betrachtet, die auf s wirken, stellt man fest, daß der nähere Pol N die Kraft

$$f_{11} = \frac{mm'}{(L - 0,5l)^2}$$

und der entferntere Pol S die Kraft

$$f_{12} = -\frac{mm'}{(L + 0,5l)^2}$$

ausübt. Die resultierende Kraft ist demnach

$$\begin{aligned}
 f_1 &= f_{11} + f_{12} \\
 &= mm' \left[\frac{1}{(L - 0,5l)^2} - \frac{1}{(L + 0,5l)^2} \right] \\
 &= mm' \left[\left(L - \frac{l}{2} \right)^{-2} - \left(L + \frac{l}{2} \right)^{-2} \right]
 \end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
 &\stackrel{\text{binom. Formel}}{\approx} \frac{2lm m'}{L^2} \left[1 + \frac{1}{2} \frac{l^2}{L^2} \right] \\
 &\stackrel{lm=M}{\approx} \frac{2Mm'}{L^3} \left[1 + \frac{1}{2} \frac{l^2}{L^2} \right]
 \end{aligned} \tag{6}$$

Das Drehmoment, daß diese Kraft auf die Magnetnadel ausübt, ist aus der Geometrie des Aufbaus herzuleiten. Die Kraft greift an beiden Seiten der Kompaßnadel (Faktor 2) im Abstand $l'/2$ an. Bezeichnet man in Analogie zum Magnetstab das magnetische Moment der Kompaßnadel mit $M' = m'l'$, erhält man

$$\begin{aligned}
 D_{1. \text{ Hauptlage}} &= \frac{2 \cdot 2 M m' l'}{2L^3} \left[1 + \frac{1}{2} \frac{l^2}{L^2} \right] \\
 &= \frac{2MM'}{L^3} \left[1 + \frac{1}{2} \frac{l^2}{L^2} \right]
 \end{aligned} \tag{7}$$

2.2.2 Zweite Hauptlage

magnetischer Meridian

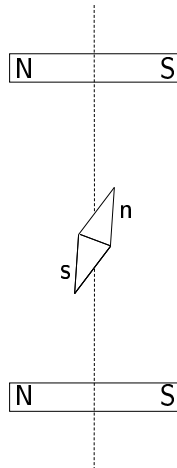


Abbildung 2: Zweite Hauptlage nach Gauß

Gemäß Abbildung 2 bezeichnen wir die Anordnung, bei der sich die Längsachse des Magnetstabs senkrecht zum magnetischen Meridian befindet und bei der der Meridian durch den Mittelpunkt des Magnetstabs und durch den der Kompaßnadel geht, als „Zweite Hauptlage“.

Hier stößt der Pol S den Pol s mit der Kraft

$$f_{21} = \frac{mm'}{L^2 + 0,25l^2}$$

ab, der Pol N zieht ihn aber mit gleicher Kraft an. Die Resultierende dieser beiden Kräfte folgt aus geometrischen Überlegungen zu

$$\begin{aligned}
 f_2 &= \frac{mm'l}{(L^2 + 0,25l^2)\sqrt{L^2 + 0,25l^2}} \\
 &= \frac{Mm'}{(L^2 + 0,25l^2)^{3/2}} \\
 &= \frac{Mm'}{L^3} \left[1 - \frac{3}{8} \frac{l^2}{L^2} \right]
 \end{aligned} \tag{8}$$

Auch in diesem Fall erzeugt diese Kraft ein Drehmoment an der Kompaßnadel, und völlig

analog zu Gleichung (7) folgt

$$\begin{aligned}
 D_{2. \text{ Hauptlage}} &= \frac{2 M m' l'}{2 L^3} \left[1 - \frac{3}{8} \frac{l^2}{L^2} \right] \\
 &= \frac{M M'}{L^3} \left[1 - \frac{3}{8} \frac{l^2}{L^2} \right]
 \end{aligned} \tag{9}$$

Man sieht, daß D in der zweiten Hauptlage nur halb so groß ist wie in der ersten.

2.2.3 Das Meßinstrument

Zur Messung der Drehmomente verwenden wir eine Bussole: Im Mittelpunkt einer Winkelskala mit 1° -Einteilung ist eine Magnetnadel an einem Haar frei schwebend aufgehängt. Die Aufhängung wird so justiert, daß die Nadel frei rotieren kann, wobei das Haar lang genug gewählt wurde, daß das von ihm aufgebrachte Torsionsmoment vernachlässigt werden kann.

Im rechten Winkel zur Kompaßnadel ist eine Ablesenadel montiert, die zur Bestimmung der Auslenkung dient, wenn der Stabmagnet in erster und zweiter Hauptlage in bestimmter Entfernung zur Kompaßnadel auf die Bussole aufgelegt wird, wie oben beschrieben. Zur Bestimmung des Abstandes ist die Bussole mit zwei Messingschienen ausgestattet, auf denen eine Meßskala in Millimetereinteilung die Bestimmung der Länge L erlaubt.

Betrachten wir die Situation, wenn ein Stabmagnet auf die Bussole aufgelegt wird, vgl. Abbildung 2. Die Kompaßnadel sei durch das Magnetfeld des Stabmagneten um den Winkel ρ aus der Ruhelage \overline{NS} ausgelenkt. Die Kraftwirkung $M'T$ des Erdmagnetfeldes geht in Nord-Süd-Richtung, die des Magnetstabs D in Ost-West-Richtung.

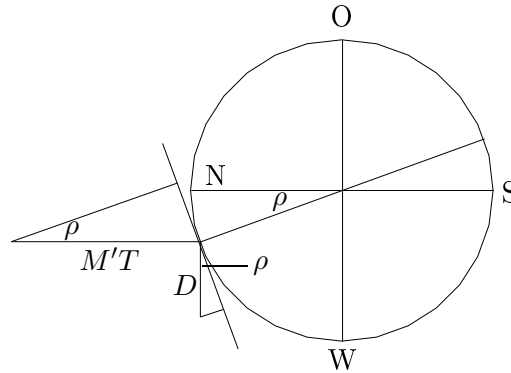


Abbildung 2: An der Magnetnadel einwirkende Kräfte

Die Kräfte können nur senkrecht an der Kompaßnadel angreifen. Um also ein Kräftegleichgewicht untersuchen zu können, bei dem die Kompaßnadel ihren Ruhepunkt hat, muß man die Kräfte MT und D auf die Tangente des Kompaßnadelumkreises projizieren. Aus Gleichung (8) folgt mit Hilfe der Trigonometrie für die erste Hauptlage:

$$\begin{aligned}
 2 \frac{M M'}{L^3} \cos \rho &= M' T \sin \rho \\
 \Leftrightarrow L^3 \tan \rho &= 2 \frac{M}{T} \left[1 + \frac{1}{2} \frac{l^2}{L^2} \right]
 \end{aligned} \tag{10}$$

Für die zweite Hauptlage ist der rechte Teil entsprechend halb so groß, vgl. Gleichung (9).

2.2.4 Zur genaueren Bestimmung von $\frac{M}{T}$

Zur genauen Bestimmung des Quotienten $\frac{M}{T}$ müssen in diesem Versuch die Größen L , ρ und l gemessen werden. l bezog sich in den bisherigen Überlegungen auf den Abstand der magnetischen Pole des Magnetstabs, die i. d. R. *nicht* mit den äußeren Enden desselben zusammenfallen. Man kann diese Unsicherheit durch eine Kombination zweier Messungen mit verschiedenen Abständen L und L' beseitigen, denn man kann dann eine Differenz bilden, in der l eliminiert wird:

$$L^3 \tan \rho \cdot L^2 = 2 \frac{M}{T} \left[1 + \frac{1}{2} \frac{l^2}{L^2} \right] \cdot L^2 \quad (11)$$

$$L'^3 \tan \rho' \cdot L'^2 = 2 \frac{M}{T} \left[1 + \frac{1}{2} \frac{l^2}{L'^2} \right] \cdot L'^2 \quad (12)$$

(11) - (12):

$$L^5 \tan \rho - L'^5 \tan \rho' = (L^2 - L'^2) \quad (13)$$

woraus folgt:

$$\frac{M}{T} = \frac{1}{2} \frac{L^5 \tan \rho - L'^5 \tan \rho'}{L^2 - L'^2} \quad (14)$$

Für die zweite Hauptlage folgt entsprechend, daß der linke Teil doppelt so groß ist.

2.3 Zur Bestimmung von T

Aus der Kombination der Ergebnisse der beiden Messungen ergibt sich T zu:

$$T = \sqrt{\frac{MT}{\frac{M}{T}}} \quad (15)$$

3 Durchführung

Wir haben beide Versuche mit Hilfe zweier Nachbauten der Arbeitsgruppe Hochschuldidaktik und Wissenschaftsgeschichte an der Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg durchgeführt, die sich in ihrem Entwurf an die Beschreibungen transportabler Apparaturen in zeitgenössischen Berichten anlehnen. Die von Gauß und Weber verwendeten Apparaturen sind präziser, dafür aber auch sehr viel größer.

Um Störungen des Erdmagnetfeldes durch metallische Gegenstände oder elektrische Leitungen zu minimieren, haben wir die Messungen auf dem Sportplatz am Campus Wechloy der Universität Oldenburg durchgeführt. Zur groben Orientierung der Aufstellung der Instrumente diente uns ein einfacher Kompaß.

3.1 Versuch I

Wir begannen mit dem Versuch I, bei dem wir - wie oben beschrieben - die Periodendauer der Schwingung des abgelenkten Stabmagneten bestimmten. Diese war in einem Gehäuse

aufgehängt, um Einflüsse durch den Wind zu unterbinden. Eine Markierung auf den Glasscheiben des Kastens, in dem der Stabmagnet pendelte, erlaubte die genaue Bestimmung der Ruheposition. Wir haben den Magneten um einen kleinen Winkel aus dieser ausgelenkt und am Nulldurchgang die Dauer von 100 Perioden mittels Zeitnahme mit einer Stoppuhr auf $t_{100} = 541,65 \pm 0,5$ s bestimmt.

Die Masse des Stabmagneten bestimmten wir auf einer Laborwaage zu $m_s = 83,66 \pm 0,02$ g. Die Dimensionen des Stabmagneten haben wir mittels eines Meßschiebers gemessen. Der Stabmagnet hat eine Quaderform mit der Länge $L = 93,55 \pm 0,01$ mm, der Breite $B = 12,90 \pm 0,01$ mm und der Höhe $H = 9,70 \pm 0,01$ mm.

3.2 Versuch II

Der Versuchsaufbau ist weitgehend in den theoretischen Betrachtungen beschrieben. Auch dieser befand sich in einem Gehäuse, welches von uns gegen Störeinflüsse winddicht verschlossen wurde. Wir bestimmten die vom Stabmagneten aus Versuch I verursachte Auslenkung für beide Hauptlagen und für jeweils zwei Entfernungen L und L' .

Die Ausrichtung in die Hauptlagen erfolgte mit Hilfe der Kompaßnadel des Aufbaus, welche sich ohne aufgelegten Stabmagneten (dieser befand sich dabei in einigen Metern Entfernung) entlang des magnetischen Meridians ausrichtete. Durch geeignete Ausrichtung der Bussole wurde die Ruhelage so eingerichtet, daß die Ablesenadel, die senkrecht zu Kompaßnadel montiert ist, in der ersten Hauptlage bei 0° und in der zweiten Hauptlage bei 90° lag.

Anschließend wurde der Stabmagnet in Abständen von 30 cm und 40 cm jeweils beidseitig von der Kompaßnadel auf die Bussole aufgelegt und nach dem Einschwingvorgang der Kompaßnadel die Auslenkung bestimmt. Um zu prüfen, ob die Kompaßnadel ohne aufgelegten Magneten wirklich in Ruhelage war, legten wir in allen vier Positionen den Stabmagneten einmal mit dem Nordpol in Richtung Osten und einmal mit dem Nordpol in Richtung Westen auf. Die Auslenkung sollte dabei theoretisch um den gleichen Winkelbetrag in die andere Richtung erfolgen.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 und 2 zusammengetragen.

Position des Stabmagneten	Nordpol des Stab- magneten zeigte nach	
	Osten	Westen
40 cm östlich	36° ☉	27° ☉
40 cm westlich	32° ☉	27° ☉
30 cm östlich	65° ☉	53° ☉
30 cm westlich	60° ☉	57° ☉

Tabelle 1: abgelesene Auslenkungen in der ersten Hauptlage

Position des Stabmagneten	Nordpol des Stab- magneten zeigte nach	
	Osten	Westen
40 cm nördlich	84° ☉	84° ☉
40 cm südlich	84° ☉	84° ☉
30 cm nördlich	66° ☉	66° ☉
30 cm südlich	66° ☉	63° ☉

Tabelle 2: abgelesene Auslenkungen in der zweiten Hauptlage

4 Auswertung

4.1 Bestimmung von MT

Gemäß Gleichung (4) ergibt sich mit den von uns gemessenen Werten:

$$\begin{aligned}
 MT &= \frac{1}{12} \frac{\pi^2 (83,66 \pm 0,02)g ((1,290 \pm 0,001)^2 + (9,355 \pm 0,001)^2)\text{cm}^2}{5,4165 \pm 0,0005)^2\text{s}^2} \\
 &= 209,154 \pm 0,041 \frac{\text{g cm}^2}{\text{s}^2}
 \end{aligned} \tag{16}$$

4.2 Bestimmung von $\frac{M}{T}$

Da bei den Meßwerten der zweiten Hauptlage die zu erwartende Symmetrie zwischen den einzelnen Positionen des Magnetstabs deutlicher erkennbar ist, ziehen wir diese zur Bestimmung von $\frac{M}{T}$ heran. Bei den Meßwerten der ersten Hauptlage vermuten wir einen systematischen Fehler bei der Ermittlung der Ruhelage, die nicht wie erwartet bei 0° lag, sondern den Meßwerten nach zu urteilen bei etwa 5° . Auch die Streuung der Meßwerte spricht gegen eine Auswertung.

Die Auslenkung bei Auflegen des Stabmagneten in $L = 40$ cm Entfernung betrug im Mittel $\rho = 6^\circ$ aus der Ruhelage, beim Abstand von $L' = 30$ cm im Mittel $\rho' = 24,75^\circ$. Nach Gleichung (14) ergibt sich daraus:

$$\begin{aligned}
 \frac{M}{T} &= \frac{40^5\text{cm}^5 \tan 6^\circ - 30^5\text{cm}^5 \tan 24,75^\circ}{(40^2 - 30^2)\text{cm}^2} \\
 &= 628,257\text{cm}^3
 \end{aligned} \tag{17}$$

4.3 Bestimmung von T

Nach Gleichung (15) läßt sich aus den Ergebnissen der beiden Versuche T bestimmen zu

$$\begin{aligned}
 T &= \sqrt{\frac{209,154 \pm 0,041}{628,257}} \frac{\text{g}}{\text{cm}^2\text{s}^2} \\
 &= 0,577 \pm 0,02 \frac{\text{g}}{\text{cm}^2\text{s}^2}
 \end{aligned} \tag{18}$$

Leider fanden wir keine Vergleichswerte für den Bereich Oldenburg, so daß wir die Qualität dieses Ergebnisses nicht beurteilen können.

5 Didaktische Kritik

Der Magnetismus wird am Gymnasium zunächst phänomenologisch in Klasse 8 oder 9 behandelt. Die Wirkungen von Magnetfeldern werden untersucht, aber nicht näher quantifiziert. Im Vordergrund des schulischen Zugangs steht die Entwicklung eines einfachen Feldkonzeptes, in dem der magnetische Nordpol als Quelle und der magnetische Südpol als Senke von Feldlinien angesehen wird. Die Dichte der Feldlinien wird als Maß für die Kraftwirkung des Magneten eingeführt.

Die gesamte Betrachtung von Permanent- und Elektromagneten in der Unterstufe basiert auf dieser Beschreibung. Die Untersuchung der technischen Anwendungen, die auf Magnetfeldern basieren (allen voran Elektromotor und Transformator) wird zwar angegangen, dabei wird jedoch die Einführung einer Quantität für Magnetfelder, wie sie für Strom und Spannung, Arbeit und Leistung bekannt ist, *umgangen*. Die Stärke eines Magnetfeldes wird immer nur an der Größe der von ihm hervorgerufenen Wirkungen abgeschätzt und relativiert.

Diese Vermeidung läßt sich in der Regel damit begründen, daß die tatsächlichen physikalisch-mathematischen Zusammenhänge von Magnetfeldern und Induktionserscheinungen nicht trivial sind. Die mathematischen Kenntnisse zum Verstehen des Durchflutungsgesetzes oder der Maxwellschen Gleichungen werden – wenn überhaupt – erst in der Oberstufe gelegt.

Wenn es nun also darum geht, das Magnetfeld in der Oberstufe näher zu untersuchen und dann auch zu quantifizieren, ist es sicherlich sinnvoll, über verschiedene Ansätze zur Beantwortung dieser Frage nachzudenken. Man kann an gegebener Stelle einen historischen Exkurs machen und die von Gauß und Weber ersonnene Methode zur Messung vorstellen, um sie mit aktuellen Meßmethoden zu vergleichen. Die in der Einleitung angedeuteten Probleme mit früheren Meßverfahren sind für SchülerInnen sicherlich leicht nachvollziehbar, so daß eine Diskussion der Beweggründe von Gauß und Weber sicherlich machbar ist. Darauf aufbauend bieten sich Möglichkeiten, allgemein über die Anforderungen an neue physikalische Größen zu sprechen¹. Auch die Unterschiede zwischen dem von Gauß und Weber gemachten Annahmen über die Natur des Magnetismus im Vergleich zu dem bei den SchülerInnen bereits vorhandenen Feldkonzept bieten Stoff für eine Diskussion über die philosophischen Momente von Theorien; hier wäre ein Einstieg in verschiedene Aspekte der Wissenschaftstheorie denkbar, allen voran die Überlegungen zur Modellbildung in den Naturwissenschaften.

Der Thematisierung des Gauß-Weber-Versuches im Unterricht entgegen stehen der hohe zeitliche Aufwand für einen derartigen Exkurs, die Komplexität des mathematisch-physikalischen Hintergrunds und daran anknüpfend die Nicht-Durchführbarkeit des Versuches im Unterricht. Der sehr umfangreiche Theorieteil dieses Versuches zeigt, daß die Meßmethode dieses Versuches nicht oder nur schwierig mit Vorkenntnissen der SchülerInnen verständlich sein dürfte. Der einzig interessante Aspekt dieses Versuches ist daher der Meßvorgang an sich bzw. der Bezug zur Mechanik, der dahinter steht. Abgesehen davon, daß die wenigsten Schulen über einen Nachbau, wie wir ihn verwendeten, verfügen dürften, sind wir der Meinung, daß die hohe Präzision, die zur Gewinnung von verlässlichen Daten führt, in Kombination mit der sehr geringen Fehlertoleranz des Aufbaus und der Meßmethode diesen Versuch für die Schule völlig ungeeignet macht.

Eine Entscheidung über Pro oder Contra der Verwendung dieses Versuches im Unterricht ist also nicht einfach zu treffen, sollte aber in jedem Fall eine Einzelfallentscheidung sein, da

¹ Gauß und Weber haben die Messung auf zu ihrer Zeit bereits vollständig erforschte mechanische Phänomene zurückgeführt. Diese Herangehensweise ist auch kennzeichnend für das Curriculum des Physikunterrichts.

der „Nutzen“ sehr stark vom Vorwissen und von der Verständnisfähigkeit der SchülerInnen abhängt.

Literatur

- [1] Helmers, Heinz et al. *Grundkurs I Physik Anfängerpraktikum Physik I*. Fakultät V, Institut für Physik an der Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg (Eigenverlag). 2004. Seite 97ff.
- [2] Arlheim, Karl-Heinz (Leiter der Redaktion). *Schülerduden Die Physik*. Dudenverlag. Mannheim, Wien, Zürich. 2. Auflage 1989.