28. Ueber das magnetische Verhalten einiger basaltischer Gesteine; von F. Pockels.

Für die Beurtheilung des sogenannten Gesteinsmagnetismus¹⁾, d. h. der mehr oder weniger starken localen magnetischen Störungen, welche häufig in der Nähe von Felsen verschiedener krystallinischer Gesteine zu beobachten sind, ist es von Wichtigkeit, die magnetischen Eigenschaften solcher Gesteine, welche jene Erscheinung besonders auffällig zeigen, quantitativ zu kennen. Hier kommt für unsere Gegenden hauptsächlich *Basalt* in Betracht, und ich erlaube mir daher, in Kürze die Resultate der magnetischen Untersuchung folgender drei Basaltvorkommnisse mitzuthellen:

I. Nephelin-Basanit von der Kollmer Scheibe bei Tetschen. Dichtigkeit 3,114; Magnetitgehalt 17,7 Proc.²⁾

II. Nephelin-Basalt (bez. -Anamesit) vom Löbauer Berg. Dichtigkeit 3,146; Magnetitgehalt 6,6 Proc.

III. Nephelin-Basalt vom Ascherhübel bei Tharandt. Dichtigkeit 3,117; Magnetitgehalt 24,5 Proc.

Nr. I und III sind sehr feinkörnig, mit wenigen makroskopischen Olivin-Einsprenglingen, Nr. II hat grobkörnigere Structur.

Zur Untersuchung wurden rechtwinkelig-parallelepipedische Stäbe (für deren Herstellung ich Hrn. Prof. Kalkowsky zu Danke verpflichtet bin) von folgenden Dimensionen benutzt.

1) Eine kurze Uebersicht über die Art des Auftretens und die Verbreitung des Gesteinsmagnetismus habe ich im N. Jahrb. f. Mineralogie etc. 1. p. 66—72, 1897, gegeben.

2) Die Bestimmung des Magnetitgehaltes geschah in der Weise, dass aus einer abgewogenen Menge des fein zerriebenen und gebeutelten Gesteinspulvers, während es in Wasser aufgeschlemmt wurde, die magnetischen Bestandtheile mittels eines Magneten herausgezogen wurden. Wegen des nicht ganz zu vermeidenden Anhaftens anderer Krystallfragmente an den Magnetitkörnchen mögen die so erhaltenen Zahlen zu gross ausgefallen sein, doch dürften sie wenigstens den *relativen* Magnetitgehalt der verschiedenen Basaltarten einigermaassen wiedergeben.

Nr. I. Stab 1. Länge 9,5 cm, Querdimensionen 1,67 und 1,80 cm. Stab 2. Länge 9,53 cm, Querdimensionen 1,27 und 1,62 cm.

Nr. II. Vier Stäbe von der Länge 12,00 bis 12,08, den Querdimensionen 0,77 bis 0,81 cm, Gesamtvolum 30,1 cm³.

Nr. III. Länge 9,77 cm, Querdimensionen 1,77 und 1,78 cm. Volum 30,78 cm.

Die sämtlichen Stäbe zeigten ursprünglich keinen polaren Magnetismus.

Die Messung der durch bestimmte Feldstärken erzeugten temporären und remanenten magnetischen Momente der Stäbe geschah nach der bekannten magnetometrischen Methode unter Anwendung einer Compensationsspule; es sei nur bemerkt, dass bei jeder Feldstärke die Magnetisirung einmal umgekehrt, und successive von kleineren zu grösseren Feldstärken übergegangen wurde; ferner dass sich die Dauer des Stromschlusses und öftere gleichsinnige Wiederholung desselben ohne Einfluss gezeigt hatten. Die Feldstärke $\mathfrak{H}$ wurde aus der Windungszahl n , der Länge l der Magnetisirungsspule und der in absolutem Maass gemessenen Stromstärke i berechnet nach der Formel

$$\mathfrak{H} = \frac{4 \pi n i}{l}.$$

Nachstehende Tabellen geben für die so ermittelten Feldstärken die auf die Volumeinheit bezogenen temporären und remanenten magnetischen Momente m und m_r in absolutem Maass.

Basalt Nr. I. Stab 1.

$\mathfrak{H}$	51,2	93,5	131	171,4	325
m	0,322	0,567	0,940	1,185	—
$m/\mathfrak{H} \cdot 10^3$	6,28	6,07	7,17	6,92	—
m_r	0,0283	0,0735	0,142	0,194	0,389
m_r/m	0,0875	0,13	0,150	0,164	—

Basalt Nr. I. Stab 2.

$\mathfrak{H}$	96,25	136,7	182,2	247	284	390	467,5
m	0,677	0,98	1,25	—	—	—	—
$m/\mathfrak{H} \cdot 10^3$	7,03	7,17	6,86	—	—	—	—
m_r	0,100	0,165	0,219	(0,377)	0,388	0,540	0,615
m_r/m	0,1475	0,169	0,175	—	—	—	—

Basalt Nr. II. 4 Stäbe gemeinsam.

$\mathfrak{H}$	11,0	21,7	34,3	44,2	51,2	56,9	70,1	82,8
m	0,096	0,21	0,306	0,378	—	0,505	0,578	0,67
$10^3 \cdot m / \mathfrak{H}$	8,71	9,22	8,92	8,65	—	8,88	8,25	8,10
m_r	0,0073	0,0234	0,0437	0,0592	0,0685	—	0,090	0,0984
m_r / m	0,076	0,111	0,143	0,157	—	—	0,155	0,147

$\mathfrak{H}$	85,8	96,1	106,7	122	151	175	216	268
m_r	0,1012	0,1065	0,1118	0,1184	0,1373	0,1486	0,149	0,1515

Basalt Nr. III.

$\mathfrak{H}$	10,8	22,6	34,2	42,8	53,1	70,1	86,0	100,6	121
m	0,0925	0,206	0,340	0,402	0,532	0,685	0,844	1,06	1,314
$10^3 \cdot m / \mathfrak{H}$	8,56	9,12	9,94	9,37	10,02	9,75	9,81	10,53	10,84
m_r	0,0034	0,0047	0,0176	0,0243	0,0378	0,0688	0,0969	0,154	0,194
m_r / m	0,037	0,023	0,052	0,060	0,071	0,100	0,115	0,145	0,1475

$\mathfrak{H}$	(127)	163,5	194	214	245	323
m_r	(0,195)	0,277	0,343	0,376	0,4265	0,493

Die Abhängigkeit des temporären und permanenten Magnetismus von der Feldstärke wird durch nachstehende Curven

veranschaulicht, worin $\mathfrak{H}$ als Abscisse, m bez. m_r als Ordinate aufgetragen ist, und zwar m_r der grösseren Deutlichkeit halber in doppelt so grossem Maassstabe als m . Die Werthe von m für die Stäbe 1 und 2 der Gattung I konnten durch ein und dieselbe Curve dargestellt werden.

Der allgemeine Verlauf der Magnetisirungscurven ist ein ähnlicher, wie beim weichen Eisen¹⁾; d. h. es steigt sowohl das temporäre, als das remanente Moment anfangs schneller, später, bei grösseren Feldstärken, langsamer an als die Feldstärke, nur beim temporären Magnetismus des Basaltes Nr. III ist der Wendepunkt der Curve noch nicht erreicht worden. Dieser Wendepunkt tritt übrigens beim remanenten Magnetismus viel deutlicher hervor, als beim temporären; hiermit hängt zusammen, dass das Verhältniss des remanenten zum temporären Magnetismus bei wachsender Feldstärke anfangs rapide zunimmt, später nahe constant wird oder wieder abnimmt. Uebrigens erreicht dieses Verhältniss relativ recht hohe Beträge (über $\frac{1}{6}$ beim Basalt I), was von der durch Hrn. Abt²⁾ nachgewiesenen starken Coercitivkraft des Magnetit — der ja jedenfalls der das magnetische Verhalten der Basalte in erster Linie bestimmende Gemengtheil derselben ist — herrühren dürfte. Auffallend ist das sehr verschiedene Verhalten der drei untersuchten Basalte hinsichtlich des remanenten Magnetismus: während derselbe beim Basalt von Tetschen erst bei den grössten erreichten Feldstärken von über 400 anfängt langsamer zu wachsen, hat er beim Löbauer Basalt, obwohl zuerst weit schneller wachsend, schon bei der Feldstärke 200 fast seine Sättigung erreicht. Vielleicht ist dieser Unterschied durch die verschiedene Korngrösse des Magnetit bedingt, welcher im Löbauer Basalt in erheblich grösseren Individuen enthalten ist, als in Nr. I und III. Bei den letztgenannten zwei Basaltarten dagegen verhalten sich die Magnetisirungsfunktionen für mittlere Kräfte ungefähr wie deren Gehalt an Magnetit (vgl. p. 195 Anmerk.).

Dass die Magnetisirbarkeit übrigens viel geringer ist, als sie nach dem Magnetitgehalt, wenn man sie mit der des compacten Magnetit vergleicht, sein müsste, kann nicht Wunder nehmen nach den Erfahrungen, die in dieser Hinsicht über fein zertheilte magnetische Metalle vorliegen.³⁾

1) Vgl. G. Wiedemann, Die Lehre von der Electricität. 2. Aufl. 3. p. 472.

2) Abt, Wied. Ann. 45. p. 80. 1892 und 52. p. 749. 1894.

3) Vgl. G. Wiedemann, Lehre von der Electricität 3. p. 600—602; auch Plücker, Ges. physik. Abhandl. p. 77—79.

Die absoluten Werthe von $m/\mathfrak{H}$ liegen zwischen den Grenzen 0,00607 und 0,00717 bei Nr. I, 0,0081 und 0,0092 bei Nr. II, 0,00856 und 0,01084 bei Nr. III. Sie sind demnach stets so klein, dass die Selbstinduction der Stäbe vernachlässigt, und $m/\mathfrak{H}$ der Susceptibilität κ gleichgesetzt werden kann, welche eigentlich gegeben wäre durch

$$\frac{m/\mathfrak{H}}{1 - N \cdot m/\mathfrak{H}},$$

wo N den Entmagnetisirungsfactor (hier schätzungsweise 0,36 bis 0,55) bedeutet. Die Grenzen der „differentiellen“ Susceptibilität $\partial m / \partial \mathfrak{H}$, welche im ganzen ähnlichen Verlauf zeigt wie $m/\mathfrak{H}$, sind bei I 0,008 und 0,0055, bei II 0,009 und 0,006, bei III 0,0094 und 0,0128. Die Werthe der Permeabilität für die geringsten Feldstärken sind: 1,079 bei I, 1,095 bei II, 1,108 bei III.

Diese geringen Werthe der Magnetisirungsfunktionen führen, soweit es erlaubt ist, die an den untersuchten Gesteinen erhaltenen Resultate qualitativ auf andere von ähnlicher Zusammensetzung zu übertragen, zu dem Schluss, dass der gegenwärtig durch den Erdmagnetismus in basaltischen Gesteinen (und um so mehr in anderen von geringerem Magnetitgehalt) inducirte Magnetismus zu schwach ist, um erhebliche, ohne feinere Hülfsmittel nachweisbare Störungen des erdmagnetischen Feldes hervorzubringen. In der That hat Hr. Folgheraiter¹⁾ gezeigt, dass bei den vulkanischen Gesteinen (basaltischer Lava etc.) der römischen Campagna, welche in ihrer ganzen Masse ziemlich gleichförmig im Sinne des Erdmagnetismus magnetisirt sind, die Magnetisirung bis auf einen verschwindend kleinen Bruchtheil eine *permanente* ist, also, wenn überhaupt durch den Erdmagnetismus, unter Umständen erzeugt sein muss, welche dessen Wirkung bedeutend verstärkten. Solche Umstände erblickt der Genannte²⁾ theils in der langen Dauer der Einwirkung des Erdmagnetismus, theils auf Grund von Versuchen, welche eine Erweiterung derjenigen von Melloni bilden, in der stärkeren Magnetisirbarkeit jener Gesteine während ihrer langsamen Erkaltung. Aehnliches dürfte von dem an

1) Folgheraiter, Rend. Accad. d. Lincei (5) 3. [2] p. 165. 1894.

2) Folgheraiter, Rend. Accad. d. Lincei (5) 4. [1] p. 203. 1895.

anderen Orten beobachteten „Gebirgsmagnetismus“, d. h. dem schwachen, im Sinne der erdmagnetischen Induction orientirten Magnetismus ausgedehnter Gesteinsmassen¹⁾ gelten. Dagegen erfordert der oft ungemein starke und unregelmässig vertheilte Gesteinsmagnetismus, welcher fast ausschliesslich an exponirten Felsen oder Blöcken auftritt (— „punti distinti“ —), zu seiner Erklärung nothwendig die Annahme ganz anderer magnetisirender Ursachen, und es weist alles darauf hin, dass diese in den Entladungen der *atmosphärischen Electricität* zu suchen sind.²⁾ Da es nach der ganzen Art des Vorkommens zweifellos ist, dass die punti distinti erst nach der Bildung der Felsen in ihrer gegenwärtigen Beschaffenheit entstanden sind, so wird es gestattet sein, aus der Intensität der natürlichen permanenten Magnetisirung auf die Intensität der wirksam gewesenen magnetisirenden Kraft zu schliessen, oder doch auf einen unteren Grenzwertb derselben, sofern seit der Entstehung des permanenten Magnetismus eine Abnahme desselben stattgefunden haben kann. Zur Zeit konnte ich das natürliche permanente Moment nur an einem von den anstehenden Felsen am Gipfel des Winterberges in der Sächsischen Schweiz entnommenen Basaltstück bestimmen; dasselbe ergab sich an einem möglichst in der Richtung der localen magnetischen Axe geschnittenen kleinen parallelepipedischen Stabe zu 0,464 pro ccm, bei einem anderen, unregelmässiger begrenzten zu 0,41.

Nachdem der erstere Stab in einer Spule durch abwechselnde Ströme von abnehmender Stärke entmagnetisirt worden war, konnte ihm der ursprüngliche permanente Magnetismus durch Einwirkung einer Feldstärke $\mathfrak{H} = \text{ca. } 290 \text{ C.G.S.-Einheiten}$ künstlich wieder ertheilt werden.³⁾ Ein geradliniger Strom, welcher diese Feldstärke in der Entfernung von $r \text{ cm}$ erzeugt, hat die Intensität $5r \cdot 290 \text{ Amp.}$ Gesetzt nun, der

1) Vgl. z. B. O. E. Meyer, Jahresber. Schles. Ges. f. vaterl. Cultur. 24. Oct. 1888.

2) A. Sella, Rend. Accad. d. Lincei (4) 7. p. 104. 1891; F. Pockels, N. Jahrb. für Mineral. 1. p. 66. 1897; Folgheraiter, Frammenti conc. la geofisica dei pressi di Roma. Nr. 5. Rom 1897.

3) Die das remanente magnetische Moment als Function der Feldstärke darstellende Curve verläuft für diesen Basalt zwischen denjenigen für die Basaltarten I und III.

Stein sei durch einen unmittelbar längs seiner Oberfläche, das ist in mindestens 2 cm Entfernung von dem untersuchten Theile, verlaufenen Blitzstrahl magnetisirt worden, so hat die Stromstärke des letzteren mindestens 2900 Amp. erreichen müssen. Wegen der ziemlich homogenen Magnetisirung des Steines ist es aber wahrscheinlich, dass die Entfernung des Blitzstrahles und somit auch seine Intensität viel grösser war. Es erscheint nicht aussichtslos, auf diesem Wege zu einer Abschätzung der bei Blitzentladungen auftretenden Stromintensitäts-Maxima zu gelangen¹⁾; doch müsste zuvor der Einfluss der Zeitdauer auf die remanente Magnetisirung durch sehr kurz dauernde Ströme festgestellt werden. Die Resultate einer auf diese Frage bezüglichen Untersuchung denke ich demnächst mittheilen zu können.

1) *Anmerkung während des Druckes.* Inzwischen hatte ich Gelegenheit, drei Basaltstücke zu untersuchen, welche am Fusse von Bäumen, die Spuren von Blitzschlägen aufwiesen, gesammelt waren, und bei denen daher eine rohe Schätzung des Abstandes von der Blitzbahn möglich war. Aus den magnetischen Momenten dieser Stücke ergaben sich in der oben angedeuteten Weise für die Intensitäten der betreffenden Blitze die unteren Grenzwerte 6400, 6600 und 10 800 Amp., welche aber aus verschiedenen Gründen, insbesondere wegen der nicht berücksichtigten Ausbreitung der Blitze im Erdboden, noch erheblich zu niedrig sein dürften.