

VI. *Ueber den Magnetismus der Gesteine; ein Auszug aus Melloni's Arbeiten, nebst einigen Bemerkungen und Beobachtungen; von F. C. Förstemann.*

A. v. Humboldt ¹⁾ führt eine Abhandlung Melloni's ²⁾ über den Magnetismus der Gesteine an, und macht darauf aufmerksam, daß dieselbe neue Ansichten über diesen Gegenstand enthält. In keinem der mir zu Gebote stehenden Fach-Journale fand ich indeß nähere Auskunft über den Inhalt dieser, wie es leider scheint, letzten größeren Arbeit des berühmten italienischen Physikers, und auch die kurze Notiz im Jahresbericht von Liebig und Kopp (1853 S. 235), die ich später auffand, liefs darin kaum wesentlich Neues erwarten. Durch die Munificenz der Königl. Bibliothek zu Berlin gelang es mir endlich von der Original-Abhandlung Einsicht nehmen zu können, und ich gewann dadurch die Ueberzeugung, daß es nicht überflüssig seyn dürfte nachträglich in diesen Annalen (die für die deutschen Physiker wenigstens immer noch das wichtigste Repertorium ihrer Wissenschaft bilden) auf die Arbeit eines Mannes aufmerksam zu machen, dessen Namen auch unter uns einen guten Klang hat, um so mehr, da sie einen Gegenstand betrifft, der bei den Physikern bisher nicht die Beachtung fand, die er zu verdienen scheint.

Die Arbeit Melloni's, die hier nur im Auszuge mitgetheilt werden soll, zerfällt in zwei Denkschriften. In der ersten ³⁾ drückt er, nach einigen historischen Angaben, die jedoch in Bezug auf die Forschungen in Deutschland unvoll-

1) Kosmos Bd. IV, S. 210.

2) *Ricerche intorno al Magnetismo delle rocce* (in den Verh. der Acad. d. Wiss zu Neapel, Napoli 1856).

3) *Sulla polarità delle lave e rocce affini.*

ständig sind (die Arbeiten von Reich ¹⁾ und von Zaddach ²⁾ werden z. B. nicht erwähnt), seine Verwunderung darüber aus, daß die Physiker und Geologen in ihren Schriften über diese interessanten Phänomene völliges Stillschweigen beobachten, oder daß sie sogar (wie Becquerel) den eisenhaltigen Gesteinen das bipolare Verhalten geradezu absprechen, indem sie ihnen nur eine einfache (unipolare) magnetische Anziehung auf beide Pole der Nadel zugehen.

Die älteren Beobachtungen, unter welchen besonders die v. Humboldt's hervorgehoben werden, so wie die neueren von Scacchi und Delesse führten Melloni zu der Annahme, daß das bipolare Verhalten eine allgemeine Eigenschaft aller eisenhaltigen Gesteine feurigen Ursprungs sey, da diese, weißglühend aus dem Schoofs der Erde hervorgestossen, der Coërcitivkraft in ähnlicher Weise theilhaftig werden, wie ein glühender Cylinder von Eisen oder Stahl, wenn man ihn während seines Erkalts in verticaler Lage hält. Wenn dieß Verhalten bisher gleichsam nur ausnahmsweise an einzelnen Exemplaren solcher Gesteine nachgewiesen wurde, so ist bei diesen der Effect wohl nur deutlicher hervorgetreten, sey es wegen der größern Menge des in dem Mineral enthaltenen Eisens, oder wegen des eigenthümlichen Verbindungszustandes desselben; sey es wegen der Schnelligkeit des Erkalts, oder wegen der Abwesenheit der Ursachen, welche später die Zusammensetzung des Gesteins, und damit zugleich die Energie und Disposition seiner magnetischen Kraft veränderten.

Da die, der Wirkung des Erdmagnetismus unterworfenen gewöhnliche Magnetnadel die oft sehr schwache magnetische Polarität eines Gesteins nicht nachzuweisen vermag, so bediente sich Melloni eines an einem einfachen Seidenfaden aufgehängenen astatischen Systems, welches sich von der Doppelnadel eines gewöhnlichen Galvanometers nur dadurch

1) Diese Ann. Bd. LXXVII, S. 32.

2) Beob. üb. d. magn. Polarität des Basaltes u. d. trachyt. Gesteine (Verh. d. naturh. Vereins d. preuß. Rheinland. u. Westphl. 1851.)

unterschied, daß die beiden Nadeln 9 Centim. lang, und eben so weit von einander entfernt waren ¹⁾. Bei der Handhabung dieses, *Magnetoskop* genannten Instruments wird darauf aufmerksam gemacht, daß das Auffinden eines abstoßenden Poles für die Bipolarität eines Gesteins entscheidender ist, als die eines anziehenden.

Alle Gesteine der oben genannten Kategorie zeigten sich an diesem empfindlichen Magnetoskop, viele von ihnen sogar an der einfachen Magnetnadel, merklich magnetisirt, und zwar keineswegs, wie man es von den meisten geglaubt hat, einfach magnetisch, da man leicht an ihnen einen oder mehrere Punkte nachweisen konnte, die das eine oder das andere Ende des magnetischen Index abstieften. In einer Tabelle stellt Melloni seine an 107 Gesteinen gemachten Beobachtungen zusammen. Ihre Mittheilung würde deshalb überflüssig seyn, weil Melloni selbst zugesteht, daß die gemessenen Abstoßungswinkel nicht als das Maaf der wahren Magnetkraft zu betrachten sind, da die geprüften Handstücke von unregelmäßiger Gestalt und an Volum und Gewicht sehr verschieden waren. Die stärksten Wirkungen zeigten besonders Laven, deren 32, und Trachyte, deren 30 untersucht wurden; unter den übrigen Gesteinen waren vulcanische Schlacke, vulcanische Bomben, Basalt, Augito- und Leucitophyr, Trachytporphyr, Chloritschiefer, Grünstein, Syenit, Granit, Serpentin, Perlstein und Obsidian.

Um den Einwendungen, die allenfalls gegen diese Versuche erhoben werden könnten, entgegen zu treten, hing Melloni feine Prismen von Lava, deren Pole an ihren Enden lagen, an einfachen Seidenfäden auf, und beobachtete die Anziehung oder Abstoßung des einen Endes bei Annäherung eines andern Lavastückes; diese Ablenkungen zeigten sich natürlich bei Annäherung eines Magnetstabes weit energischer. Sich selbst überlassen stellten sich diese Prismen in den magnetischen Meridian, und der Quere nach zerbrochen zeigten sich, wie auch schon Andere beobach-

1) Ein ähnliches Instrument wandte später Greifs an bei seinen Unters. über d. Magnetismus der Eisenerze. Diese Ann. Bd. XCVIII, S. 481.

teten, beide Bruchstücke eines solchen Gesteins als Magnete ¹⁾; da die Kraft derselben außerdem durch Glas, Papier, Holz, Porcellan, Marmor und Metalle (das Eisen ausgenommen) hierdurch wirkt, so ist dadurch der gemeinsame Charakter derselben mit dem künstlichen Magnete vervollständigt.

Dagegen zeigten alle von Melloni untersuchten Gesteine, auch wenn sie mit den feinsten Eisenfeilspänen in Berührung gebracht wurden, nicht das geringste Zeichen einer Anziehung derselben, wie dieß früher schon von v. Humboldt, Breislak, Scacchi und Andere wahrgenommen wurde. Es erscheint schwer, meint Melloni, jedes Gefühl der Ueberraschung zu unterdrücken, wenn man sieht, wie Gesteine, die selbst in beträchtlicher Entfernung energisch auf die Magnetnadel wirken, nicht im Stande sind in der nächsten Nähe die feinsten Eisentheilen anzuziehn. Die Erklärung, welche er von dieser sonserbaren Erscheinung giebt, stimmt im Ganzen mit der von Zaddach ²⁾ gegebenen überein. Die Resultirende vieler schwachen Anziehungen, die von verschiedenen Punkten einer großen Masse ausgehn, kann in der Ferne die Wirkung weniger anziehender Kräfte, die zwar viel intensiver, aber auf einen kleinen Raum eingeschlossen sind, überwinden, und dennoch in der Nähe viel unwirksamer seyn. Nun aber nähert sich der Pol des Magnets, d. h. der Punkt in welchem sich seine mächtigen Anziehungskräfte vereinigen, bei dem Versuche mit den Eisenfeilspänen diesen bis auf die kleinste Entfernung, während sich eine solche Nähe durch die schwachen und zerstreuten magnetischen Kräfte des Gesteins nicht, oder höchstens nur in Bezug auf einen sehr kleinen Theil derselben erreichen läßt; die Energie der ersten Wirkung muß folglich viel mächtiger seyn, als die der zweiten. Durch ganz analoge Motive wird sich

1) Ich kann bezeugen, daß mir diese Versuche mit einem, kaum 1 Cubikz. großen Lavastück vom Kammerbühl bei Eger vollkommen gelungen sind.

2) A. a. O. S. 102.

die schnelle Abnahme der Kraft mit der Entfernung in viel höherem Grade bei einem Magnetstabe, als bei einem magnetischen Gesteine zeigen; die Wirkungen beider Kräfte werden eine der vorigen entgegengesetzte Ordnung befolgen, so dafs in einer gewissen Entfernung die Wirkung, welche von dem magnetischen Gestein ausgeht, die des Magnetstabes merklich überwiegen wird ¹⁾. Auch Magnetstäbe verlieren indess die Kraft die geringste Menge Eisen anzuziehen, wenn sie einen gewissen Grad der Schwäche erreichen. Ein Stab von reinem weichen Eisen, 1 bis 2 Centim. dick und 80 bis 100 Centim. lang, wurde vertical aufgestellt, sein unteres Ende stiefs den Nordpol der Magnetnadel ab, und zog den Südpol an, die Spitze des Stabes wirkte in entgegengesetzter Weise, beide Enden waren also deutliche Magnetpole; brachte man sie aber mit Eisenfeile in Berührung, so nahm man weder ein Emporheben noch ein Anhängen des geringsten Metalltheilchens wahr. Auch hinreichend schwache Magnete wirken demnach wie die magnetischen Gesteine, und man kann deshalb auch diesen letzteren die magnetische Polarität nicht absprechen.

Den Magnetismus, welchen ein Stab von weichem Eisen in senkrechter Stellung zeigt, pflegt man *Magnetismus der Stellung* (*magnetismo di positione*) zu nennen, und gerade auf ihm beruht auch die Vertheilung der magnetischen Kräfte in den eisenhaltigen Gesteinen feurigen Ursprungs. In Lavaströmen, die unter unseren Augen erstarrten, mufs im Allgemeinen der südliche Magnetismus (Nordpol) im unteren, der nördliche (Südpol) im oberen Theile vorwalten; die grösste Energie beider Principe mufs sich jedoch in der Richtung des magnetischen Meridians, 50 bis 60° (bei Nea-

1) In etwas anderer Weise spricht sich über dies letztere Verhalten Zaddach (a. a. O.) aus, wenn er sagt: »dafs das Getrenntseyn der einzelnen Magneteisenthelchen durch unmagnetische oder des Magnetismus in sehr geringem Grade fähige Massen gerade die Intensität ihrer Wirkung auf die Magnetnadel erhöht, weil sie in geringerem Grade ihre Kraft gegenseitig binden, als wenn sie dicht zu einer Masse zusammengedrängt wären.«

pel) nach Nord geneigt, vorfinden, die geringste dagegen in Richtungen senkrecht auf den magnetischen Meridian.

Alle sowohl jüngere als ältere Laven, welche dem geologischen Systeme des Vesuv und der phlegräischen Felder angehören, bestätigen in der That diese Voraussetzungen der Theorie; an allen Handstücken derselben zogen die Punkte, welche in ihrer natürlichen Stellung oben lagen den Nordpol des Magnetoskops an, die welche unten lagen stiefsen ihn ab. Diese Wirkungen veränderten sich nicht, wenn auch die Handstücke dem Magnetoskop in den verschiedensten Stellungen dargeboten wurden; sie waren also bestimmten Punkten derselben eigenthümlich und beruhten auf einer dauernden magnetischen Bipolarität, nicht auf der veränderlichen Bipolarität, welche ein verticaler Eisenstab annimmt.

Aus einer verticalen, in der Richtung des magnetischen Meridians liegenden Wand einer zusammenhängenden Lavamasse, die noch fest auf ihrer früheren Basis ruhte, wurden drei möglichst gleiche 32 Centim. lange Prismen, deren quadratische Basis 10 Centim. mafs, so herausgearbeitet, dafs bei dem ersten die Seite von gröfserer Dimension horizontal lag, bei dem zweiten in die Richtung des Bleiloths, und bei dem dritten in die Richtung der magnetischen Neigung fiel. Bei allen dreien mufste der Theorie nach der nördliche Magnetismus (Südpol) über dem südlichen (Nordpol) liegen; der magnetische Zustand aber, der aus dem Complex beider Principien resultirt, mufste am kräftigsten seyn in dem Prisma, welches in schiefer Lage gewonnen war, am schwächsten in dem horizontalen, und von mittlerer Stärke in dem verticalen Prisma. Diese theoretischen Schlüsse wurden durch die Vergleichung der Abstofsungs- und Anziehungswinkel, welche die entsprechenden Enden der an Gröfse und Gestalt gleichen Prismen am Magnetoskop bewirkten, vollkommen bestätigt; die Abstofsung betrug nämlich bei dem horizontalen Prisma 22° , bei dem verticalen 45° , und bei dem in der Richtung der Neigung liegenden 61° .

Es wäre unzweifelhaft für die Geologie und Physik der Erde nützlich, diese Versuche zu vervielfältigen, und sie namentlich so zu wiederholen, daß man die magnetisch zu vergleichenden Lavastücke nach und nach aus den verschiedensten Theilen eines mächtigen Lavastromes entnähme, um zu erfahren, ob die Magnetkraft in ihnen eine gleichförmige ist, oder ob die äußern und obern Theile auf die Energie und Richtung der centralen Theile eingewirkt haben. Melloni stellte solche Versuche in Aussicht; es war ihm nicht vergönnt sie auszuführen, mögen deshalb andere, denen die Gelegenheit geboten ist, dieselben zu Ende führen ¹⁾.

Aus dem Complex der beschriebenen Thatsachen scheint mit der größten Evidenz hervorzugehn, daß der Ursprung des mehr oder weniger intensiven bipolaren Magnetismus, der sich an allen Laven und Gesteinen ähnlicher Bildung zeigt, in der Magnetkraft der Erde zu suchen ist. Es kann aber zweifelhaft seyn, ob diese Magnetisirung *schnell* in Folge der Temperatur-Abnahme und des Uebergangs in den festen Zustand, oder *langsam*, in Folge der allmählichen Ansammlung dieser Effecte in den schon festgewordenen Gesteinen erfolgt. Die letzte Annahme würde sich auf die Analogie der Magnetisirung stützen, welche eiserne Gegenstände nach längerer Zeit annehmen ²⁾. Melloni entscheidet sich jedoch für die erste Annahme, indem er darauf aufmerksam macht, daß die unter unseren Augen erstarrten Laven in der Magnetkraft keineswegs denen nachstehn, die von längst erloschenen Vulkanen herrühren, und daß die Hartnäckigkeit, mit welcher solche Gesteine ihren eigenthümlichen Magnetzustand festhalten, die zweite Annahme nicht zuläßt; denn

- 1) Auch in Deutschland fehlt die Gelegenheit zu solchen Verruchen nicht; ich erinnere an die Eifel, namentlich an die Mühlsteinbrüche von Niedermerding,
- 2) Dieser Meinung scheint Zaddach beizupflichten, wenn er (a. a. O. S. 70) sagt: »daß die polarische Eigenschaft keine der Gesteinsmasse inwohnende und ihr eigenthümliche ist, sondern daß sie erst allmählich in derselben entsteht, und wahrscheinlich so lange zunimmt, bis das Gestein durch den Einfluß der Atmosphäre zertrümmert, oder das Magnet Eisen größtentheils in Eisenoxydhydrat verwandelt ist«.

diese Hartnäckigkeit ist so groß, daß, wenn man sie in den verschiedensten Lagen befestigt, hunderte und tausende von Jahren nicht im Stande sind die Lage ihrer Pole zu verändern, und dieselben der Magnetkraft der Erde anzupassen¹⁾. Melloni glaubt diese Behauptung, die auf den ersten Blick seltsam erscheinen mag, dadurch mit größter Strenge erweisen zu können, daß Stücke von Leucitophyr und anderer Lava, die er aus dem Gemäuer des Theaters zu Pompeji entnommen hatte, als sie am Magnetoskop geprüft wurden, sich nach allen Richtungen polarisirt zeigten; zum deutlichen Beweise, daß diese vulcanischen Gesteine ihre Magnetaxen selbst in Stellungen beibehalten hatten, welche sie vor 19 bis 20 Jahrhunderten durch Menschenhand in dem Augenblick erhielten, in welchem sie als Baumaterial verwandt wurden. Wenn aber die Erde die Vertheilung der magnetischen Kräfte in den festgewordenen Gesteinen in einer so langen Periode nicht zu ändern vermochte, so kann auch die Erregung jener Kräfte nicht von einer Wirkung hergeleitet werden, die auf das Gestein in seinem jetzigen Zustande ausgeübt wurde.

Ob die chemischen Reactionen, die während des Erstarrens der Lava eintraten, und die Veränderung ihrer innern Structur, die davon die Folge war, zur Hervorbringung dieser Coërcitivkraft, welche die Beständigkeit des anfänglichen magnetischen Gleichgewichts der Gesteine bedingt, beigetragen haben, läßt sich deshalb nicht entscheiden, weil sie ganz unbekannt sind. Man kann sich deshalb lediglich auf die Analogie des Stahls und Eisens stützen, bei welchen jedes Auftreten der Coërcitivkraft verschwindet, wenn

1) Schon Zaddach nahm diese ungewöhnliche magnetische Persistenz an vielen Stücken von Basalt wahr, die, nachdem sie 10 Jahr lang dicht neben und auf einander, ohne Rücksicht auf ihre Lage gegen den magnetischen Aequator verpackt gelegen hatten, in der Lage ihrer Pole und der Stärke ihrer Wirkung keine entschiedene Veränderung erlitten hatten (a. a. O. S. 103). Ich selbst fand, daß die vor mehr als 60 Jahren von v. Zach bezeichneten Stellen der Granitklippen bei Schierke, die unter dem Namen Schnarcher bekannt sind, noch jetzt eben so kräftig und in demselben Sinne zu wirken scheinen als damals.

das glühend gemachte Metall sich langsam abkühlt; dagegen werden sie einer bleibenden Magnetisirung fähig in Folge schneller Temperatur-Abnahme, oder gewisser mechanischer Einwirkungen, die das moleculare Gleichgewicht zu ändern vermögen. Wahrscheinlich wird demnach auch die eine oder die andere dieser Ursachen dazu beitragen die terrestrisch magnetische Induction in den Bruchstücken der Schlacken und Laven zu fixiren, die, wie die vulkanischen Bomben, gewaltsam von der Masse losgerissen, mit einer gewissen Geschwindigkeit durch die Luft geschleudert werden, während bei Lavaströmen die Hauptursache des Phänomens auf den Stößen und Schwingungen beruhen mag, die von der eigenthümlichen Bewegung der herabströmenden halbflüssigen Masse, hauptsächlich aber von den Zusammenziehungen und Krystallisationen herrühren, die sich dem Gehör als ein eigenthümliches Knistern so deutlich wahrnehmbar machen, dafs es jedem bekannt ist, der Gelegenheit hatte dem imposanten Ausbruch eines Vulkans beizuwohnen.

In der *zweiten* Denkschrift ¹⁾, welche sich unmittelbar an den Inhalt der ersten anschließt, bemerkt Melloni zunächst, dafs er sich nicht mit der Frage nach der Qualität der einfachen oder zusammengesetzten Körper, von welchen die magnetische Eigenschaft herrührt, beschäftigen will, die er vielmehr der Mineralchemie zuweist; sondern dafs er nur die physikalischen Eigenschaften untersuchen will, die sich auf die magnetische Kraft der Mineralsubstanzen beziehen.

Die dauernde Magnetisirung der Laven wurde ihrem Erkalten, und ihrer allmählichen Erstarrung unter der Wirkung des Erdmagnetismus zugeschrieben. Da nun der Stahl theils durch das Mittel des Härtens, theils aber auch durch mechanische Einflüsse, die auf sein atomistisches Gleichgewicht einwirken, einen gewissen Grad der Coërcitivkraft erlangt; so liefs sich begreifen, dafs die obern und getrennten Theile eines Lavastromes wegen ihrer Strahlung und

1) *Sopra la calamitazione delle lave in virtù del calore, e gli effetti dovuti alla forza coërcitiva di qualunque roccia magnetica.*

ihrer Berührung mit der Luft durch rasches Erkalten, und die innern Theile desselben in Folge der Stöße und Schwingungen, die während der Abwärtsbewegung der halbflüssigen Masse hervorgebracht werden, der fraglichen Coërcitivkraft theilhaftig werden können; bei den inneren Theilen einer größeren auf einer Ebene aufgehäuften Lavamasse, wo die Fortbewegung und Erhaltung mit der größten Langsamkeit erfolgt, hört jene Analogie mit dem Stahl scheinbar auf, und dennoch zeigt sich auch diese Lava deutlich und dauernd magnetisirt.

Um darüber ins Klare zu kommen, wurden Stücke von Leucitophyr und andern vulcanischen Gesteinen zwischen glühenden Kohlen bis zum Rothglühen gebracht, und dann theils plötzlich, 'durch Eintauchen in kaltes Wasser, theils auf bloßer Erde liegend, theils mit heißer Asche bedeckt erkaltet. Alle stießen mit der Seite, die beim Erkalten unten war, das Nordende des Magnetoskops ab und zogen dasselbe an, wenn sie umgekehrt wurden. Von Neuem glühend gemacht und in umgekehrten Stellungen abgekühlt, waren auch ihre abstossenden und anziehenden Wirkungen die umgekehrten. Das Glühen zerstört also den früheren Magnetismus, und ertheilt ihnen während ihres Erkaltes eine neue Magnetisirung mit umgekehrter Lage der Pole. Alle Stücke zeigten sich zugleich immer in der Richtung magnetisirt, welche der Erdmagnetismus verlangt; die Stärke der Magnetisirung war aber bei denen am größten, welche am schnellsten erkaltet waren, so daß die Ansicht Bestätigung findet, nach welcher der magnetische Zustand der vulcanischen Schlacken oder Bomben einer Art Härtung oder Stählung (*tempra*) zuzuschreiben ist, die sie der Schnelligkeit der Temperatur-Abnahme verdanken. Die Versuche lehren aber zugleich, daß auch ein gewisser Grad der Ruhe und der langsamen Zerstreung der Wärme im Stande ist, den Laven die Coërcitivkraft zu ertheilen, die nöthig ist, um die vom Erdkörper hervorgerufene magnetische Polarität zurückhalten zu können.

Es wurden hierauf Versuche mit verschiedenen eisen-

haltigen (den plutonischen, metamorphischen und sedimentären Bildungen angehörenden) Gesteinen und einfachen Mineralien angestellt. Ueber die Resultate derselben, die in 2 Tabellen zur Anschauung gebracht werden, mag die Angabe genügen, daß die erste Tabelle 31 wirksame Gesteine namhaft macht, von welchen 12 in der Nähe schwach unipolar, 2 stark unipolar in der Nähe und Ferne, 2 stark unipolar in der Nähe und stark bipolar in der Ferne, 12 schwach bis ziemlich stark bipolar in der Nähe und Ferne, 6 endlich stark bipolar in der Nähe und Ferne wirkten (Nähe = 5 bis 6 Millim., Ferne = 25 bis 30 Millim.). Die zweite Tabelle zählt 44 Gesteine auf, die sich am Magnetoskop ganz unwirksam zeigten; es sind fast nur eisenhaltige Gesteine neptunischer Bildung, doch finden sich darunter auch Granit, Diorit, Euphotid und Sahlit.

Es ergab sich demnach aus diesen Versuchen:

- 1) daß viele Gesteine, die unzweifelhaft eine merkliche Menge Eisen enthalten, keine bemerkbare Wirkung auf das Magnetoskop ausüben;
- 2) daß in allen Fällen, in welchen das Gestein mit der Aenderung der Entfernung beide Magnetzustände annimmt, die Bipolarität in der Ferne, die Unipolarität in der Nähe hervortritt;
- 3) daß die wirksamsten Gesteine fast alle magnetisirt (bipolar) sind.

Nur auf die Erörterung der Resultate sub 2 und 3 geht M. im Folgenden näher ein.

Den Physikern ist folgender Versuch mit einem Körper, der durch einfache Aenderung der Entfernung denselben Pol der Magnetnadel abstößt oder anzieht, wohl bekannt. Bietet man dem Nord- oder Südpole einer sehr empfindlichen Bussole das obere oder untere Ende eines Schlüssels oder Stäbchens von sehr reinem und weichem Eisen in verticaler Stellung dar, so wird es, einige Centimeter entfernt, einen der Pole der Magnetnadel zurückstoßen, die Abstoßung wird sich aber in Anziehung verwandeln, wenn die Entfernung auf einige Millimeter zurückgeführt wird. Die

Erklärung dieses Phänomens bietet keine Schwierigkeit dar. Die Wirkung der Erde entwickelt in dem vertical gestellten Eisenstabe am untern Ende Südmagnetismus (den Nordpol), am obern Nordmagnetismus (den Südpol). Wird das eine oder andere dem homologen Pole der Nadel genähert, so wird es Abstofsung hervorbringen, aber auf eine kleine Entfernung herangekommen, wird es durch die Wirkung der Nadel eine andere, der durch die Erde hervorbrachten entgegengesetzte magnetische Vertheilung erleiden, da die Kraft der magnetischen Induction, die von der Wirkung der Bussole ausgeht, mit Abnahme der Entfernung wächst, während der durch die Erde inducirte Magnetismus immer derselbe bleibt. Diese Abwechselung beider Kräfte wird sich beim Annähern und Entfernen des Stabes immer wiederholen.

Dieser Versuch gelingt aber auch ohne Anwendung weichen Eisens und ohne Mitwirkung der Erdkugel, wenn man sich eines gehärteten und schwach magnetisirten Stahlstabes bedient. Ein bestimmtes Verhältniß zwischen der Masse eines solchen Stabes und der Magnetnadel ist nicht streng nothwendig, jedoch gelingt der Versuch besser mit einem Stabe, dessen Dimensionen hinreichend größer sind, als die der Nadel, und was den Grad der Magnetisirung betrifft, so muß er so seyn, daß er die Nadel nicht umdreht, sondern nur auf 35° bis 40° abstößt. Es versteht sich übrigens, daß es nöthig ist, den Stab horizontal und senkrecht auf den magnetischen Meridian zu halten, wenn man denselben der magnetischen Wirkung der Erde ganz entziehen will.

Auch hier beruht das Phänomen auf der Beständigkeit der Kraft, welche die Abstofsung hervorbringt, und auf der Veränderlichkeit des entgegengesetzten Principis, welches von der Nadel ausgeht; eine andere Folgerung läßt sich daraus wohl nicht ziehen. Während aber bei dem weichen, der Coërcitivkraft beraubtem Eisenstabe die Wirkung des der Bussole eigenthümlichen Magnetismus den durch die Erde inducirten Magnetismus gänzlich zerstört und ihren eigenen

an die Stelle setzt, der darauf wieder verschwindet und von Neuem durch die terrestrisch-magnetische Induction ersetzt wird, sobald die Kraft der Bussole nicht mehr auf den hinreichend entfernten Eisenstab wirken kann, gilt diese Annahme nicht mehr bei Anwendung eines gehärteten und magnetisirten Stahlstabes. Bei diesem wird das abstossende Princip des Stabes zwar in der Nähe überwunden, aber nicht ganz zerstört, wie es deutlich durch das Wiedererscheinen der Abstossung erwiesen wird, welche eintritt, sobald man den Stab in eine gewisse Entfernung von der Nadel gebracht hat. Um den Grund der beiden entgegengesetzten Bewegungen zu begreifen, muß man annehmen, daß während das freundschaftliche Princip am nächsten Ende des Stabes entwickelt wird, die Magnetnadel dennoch daselbst das homologe oder feindliche Princip bestehen läßt, welches, in der Nähe schwächer als sein Gegner, sich wieder von Neuem vorwaltend zeigt, wenn die Wirkung der Nadel in Folge der Entfernung geschwächt wird. Dieses Verschwinden und Wiedererscheinen der anziehenden und abstossenden Kraft eines magnetischen Körpers bietet in der That ein magnetisches Paradoxon dar.

Eine leichte Declinationsnadel wurde an einem einfachen Seidenfaden, und ein viel größerer Magnetstab, der bis zur Sättigung magnetisirt war, an einem Bündel von Seidenfäden ohne Torsion aufgehangen; einem kleineren Magnetstabe hatte man so viel bleibenden Magnetismus mitgetheilt, als eben hinreichend war, die kleine Bussole in Folge der Abstossung homologer Pole umzukehren; wollte man aber mit diesem Stabe in derselben Weise die Abstossung der großen Bussole bewirken, so sah man mit Erstaunen, daß in diesem Falle die homologen Pole sich anzogen, anstatt sich abzustossen. Beide Versuche konnten immer mit demselben Erfolge wiederholt werden, so daß dasselbe Ende des Stabes immer den homologen Pol der kleinen Bussole zurückstieß und beständig den homologen Pol der größern anzog.

Wenn man die allgemein angenommene Theorie von

einer einzigen Coërcitivkraft, d. h. die Einheit der beiden Wirkungen zugiebt, welche in den des Magnetismus fähigen Körpern den Widerstand gegen das Auftreten der magnetischen Polarität, und zugleich das Beharren der entwickelten Polarität bedingen; dann muß nothwendig die Substituierung der einen Polarität für die andere eine *definitive* und keine *zeitweise* stattfindende seyn. Wollte man aber auch eine wesentliche Differenz zwischen der Kraft der magnetischen *Resistenz* und der magnetischen *Persistenz* nicht zulassen, so sieht doch jeder ein, daß die dem Stahl und allen magnetischen Mineralsubstanzen gemeinsame Eigenschaft, nach welcher ein mit magnetischer Polarität ausgerüsteter Körper *zeitweilig* mit einem Magnetismus belebt seyn kann, der dem, welchen er ursprünglich besaß, entgegengesetzt ist, nothwendig leicht zu unrichtigen Folgerungen über die Qualität des Gesteinsmagnetismus führen muß.

Es ist schon oben bemerkt worden, daß einige Gesteine bald wie magnetisirte Körper (bipolar), bald einfach, wie eisenhaltige Substanzen (unipolar) wirken, je nachdem sie dem Index des Magnetoskops mehr oder weniger genähert werden; ein ungeübter Beobachter, dem die Coëxistenz der beiden Wirkungen unbekannt wäre, und der das Gestein dem Instrumente möglichst näherte, würde fälschlich auf den Mangel der dauernden magnetischen Polarität schließen müssen. Ein solcher falscher Schluß wird aber auch in gewissen Fällen für die unvermeidlich seyn, welche, obgleich in der Kunst des Experimentirens wohl erfahren, über den magnetischen Zustand eines Minerals lediglich aus dem Verhalten desselben zur Busssole, oder zu einem ähnlichen, nur aus einer Nadel bestehenden Apparate entscheiden wollten. Ohne Zweifel ist es dem Gebrauche solcher Instrumente bei mineralogischen und geologischen Forschungen zuzuschreiben, daß das allgemeine Gesetz der allen Arten von Lava eigenthümlichen Magnetisirung sich bis jetzt den scharfsichtigen Augen so vieler ausgezeichneten Beobachter entzogen hat.

In der That, so groß auch die Beweglichkeit einer Magnetenadel seyn mag, so wird sie doch immer durch die Wirkung des Erdmagnetismus in ihrer Stellung festgehalten, und man sieht sich genöthigt, um diesen Widerstand zu überwinden, das schwach magnetische Mineral, über dessen polaren Magnetismus man entscheiden will, einem der beiden Enden der Nadel so nahe als möglich zu bringen. Ist aber die etwa vorhandene repulsive Wirkung viel schwächer als die Kraft, mit welcher die Nadel ihre Gleichgewichtslage behauptet, so wird diese auch bei der geringsten Entfernung unbeweglich bleiben, und dadurch befindet sich das Mineral unter der Herrschaft der eigenthümlichen Kraft der Nadel, die, wegen großer Nähe, mit ihrer ganzen Energie wirkt. Diese entwickelt in den nächsten Theilen die freundliche Magnetkraft, was zu einer Anziehung beider führt, wodurch das Mineral den Charakter eines bipolaren Körpers verliert und den eines unipolaren annimmt. Die magnetisirten Mineralsubstanzen müssen deshalb, wie der Stahl, eine untere Gränze der Magnetisirung besitzen, jenseit welcher ihre abstossende Wirkung auf die einfache Nadel nicht nur unmerklich wird, sondern selbst in Anziehung umschlägt.

Diese theoretischen Folgerungen, die für die Geologie und Physik der Erdkugel nicht unwichtig sind, wurden experimentell an allen den Proben von Laven und anderen eisenhaltigen Gesteinen vollkommen bestätigt, welche ihren eigenthümlichen magnetischen Zustand am Magnetoskop durch Abstosungswinkel von 50° bis 120° documentirt hatten; denn sie zogen in jeder Lage sowohl das eine, als auch das andere Ende des Bergcompasses an. Wer deshalb nur nach den Angaben dieses Instrumentes schliessen wollte, würde jenen Proben jede polare Magnetkraft absprechen müssen.

Indem Melloni die Gründe erörtert, weshalb er jenes Umschlagen der Abstossung in Anziehung bei der ersten Reihe seiner Beobachtungen (die in der ersten Denkschrift enthalten sind) nicht wahrgenommen hat, macht er die Be-

merkung, dafs nicht nur zwei Körper, die dieselbe Menge Eisenoxydul oder einer andern magnetischen Substanz enthalten, je nach der angewandten Kraft sich mehr oder weniger stark magnetisiren lassen, sondern dafs auch zwei Gesteine in demselben Grade magnetisirt seyn und dennoch verschiedene Mengen einer gegebenen Eisenverbindung einschliessen können. In diesem letzteren Falle ist es klar, dafs das Vermögen, in Folge dessen sich die Abstofsung in Anziehung verwandelt, in den Körpern gröfser seyn mufs, die am meisten mit magnetischer Materie beladen sind, und dafs mithin die Ersetzung der einen Kraft durch die andere bei einem solchen Körper früher eintreten wird, als bei einem anderen. Wir müssen deshalb annehmen, dafs die Laven weniger magnetische Materie einschliessen, als die Mineralsubstanzen, die am Magnetoskop den doppelten Effect der Abstofsung und Anziehung in verschiedener Entfernung hervorbringen, dafs sie aber auch zugleich stärker magnetisirt sind.

Auch diese Schlüsse liefsen sich durch das Experiment streng erweisen. Ein Cylinder aus einem Gemenge von Wachs und Terpenthin, dem einige Tausendstel seines Gewichts Eisenoxydul oder Eisenfeilspähne innig beigemischt waren, und den man stark magnetisirt hatte, bewirkte am Magnetoskop, selbst noch in der möglichst kleinsten Entfernung, eine Abstofsung von 120° . Es ergiebt sich daraus, dafs Körper, die nur eine kleine Menge magnetischer Materie, diese aber stark magnetisirt enthalten, sich am Magnetoskop ganz so verhalten, wie die Gesteine, die sowohl in der Ferne als auch in der Nähe ihre eigenthümliche Polarität beibehalten. Einem zweiten gleichen Cylinder ward eine weit gröfsere Eisenmenge einverleibt, man magnetisirte ihn aber so schwach, dafs er den Index des Magnetoskops in 5 bis 6 Zoll Entfernung ebenfalls nur auf 120° abstiefs; näherte man ihn nun schnell dem fliehenden Index, so wurde diese fliehende Bewegung plötzlich in die entgegengesetzte verwandelt, indem der abstofsenden Kraft die anziehende folgte. Dieser zweite Cylinder wirkte demnach

ganz so, wie die in der Entfernung bipolaren und in der Nähe unipolaren Gesteine. Durch Abänderung des Verhältnisses der magnetischen Substanz und des Grades der Magnetisirung wird man ohne Zweifel alle die Eigenthümlichkeiten hervorzubringen vermögen, welche die Mineralien von einfachem und doppeltem Effect darbieten.

Die eben erwähnte Eintheilung der Mineralien in zwei Klassen ist begreiflicher Weise nur eine künstliche; sie wird durch die Entfernung, die Kraft und die Beweglichkeit des Index am Magnetoskop modificirt, so daß je nach der absoluten oder relativen Magnetkraft der Nadeln, die das astatische System bilden, dasselbe Gestein sich bald der einen, bald der andern Klasse anschließen wird. Wenn deshalb wegen der magnetischen Reaction eine einfache Magnetnadel zur Erkennung schwacher Magnetismen ganz unbrauchbar ist, so wird auch das Magnetoskop nur dann ersprießliche Dienste thun, wenn sein Nadelsystem möglichst vollkommen astatisch ist; denn nur ein solches gestattet, in einer merklichen Entfernung von der Nadel zu operiren.

Wie sehr es nöthig ist, bei solchen Untersuchungen die magnetische Reaction auf das zu prüfende Gestein zu vermeiden, zeigt auch die folgende Betrachtung.

Wenn irdend ein Stück weichen Eisens vermöge seiner Anziehungskraft nach einander auf verschiedene mehr oder weniger große, bis zur Sättigung magnetisirte Magnetstäbe wirkt, die auf einer Spitze ruhen oder an einigen Seidenfäden ohne Torsion aufgehängt sind, so wird der Einfluß der verschiedenen Masse jener Stäbe so wenig wahrnehmbar seyn, daß man nicht mit Bestimmtheit entscheiden kann, ob die leichteren mit mehr oder weniger Energie angezogen werden, als die schwereren. Wenn man aber anstatt des weichen Eisens ein Prisma oder einen Cylinder von stark gehärtetem Stahl anwendet, der des polaren Magnetismus beraubt und gleich groß ist, so wird der Unterschied der Anziehung zu den größeren und kleineren Stäben sehr merklich seyn, und man wird nicht zweifeln können, daß sich

die größern mit mehr Geschwindigkeit bewegen, als die kleinern.

Um sich über diese verschiedene Wirkung, die das weiche Eisen und der gehärtete Stahl auf dieselben Magnetstäbe ausüben, Rechenschaft zu geben, ist zuerst zu bemerken, daß alle hier in Betracht kommenden Bewegungen zu denen gehören, die wir der Reaction zuschreiben; denn der magnetische Stab erregt in dem trägen und unbeweglichen Metalle das magnetische Vermögen, und dieses, einmal hervorgerufen, wirkt auf den Stab zurück und zwingt ihn, sich gegen das Metall zu bewegen. Das weiche Eisen aber, da es der Coërcitivkraft entbehrt, giebt augenblicklich der mehr oder weniger intensiven magnetisirenden Wirkung des Stabes nach und wird in einen magnetischen Zustand versetzt, der jener Kraft proportionirt ist; da nun in den bis zur Sättigung magnetisirten Körpern (zu welchen unsere Stäbe gehören) die magnetische Energie im Verhältniß zur Masse wächst, so werden die bewegenden Kräfte mit der Masse des zu Bewegenden in demselben Verhältniß stehen; die Stäbe müssen folglich nahe gleiche Geschwindigkeit annehmen ¹⁾). Eine solche Gleichheit kann aber in Bezug auf den gehärteten Stahl nicht stattfinden, da er in Folge seiner Coercitivkraft, oder, besser gesagt, wegen seiner magnetischen Resistenz sich mit größerem Erfolge den schwächeren als den stärkeren Wirkungen entgegensetzt; die schwereren Stäbe werden mithin in ihm einen weit intensiveren Effect hervorrufen, als dem Verhältniß ihrer Größe und ihres Gewichts entspricht. In diesem Falle werden also die Reactionen in einem viel größeren Verhältniß wachsen, als die beziehlichen Massen, und die größeren

1) Dieß ist, wie Melloni selbst bemerkt, nicht im strengsten Sinne zu nehmen, weil die Widerstände der Reibung und des umgebenden Mittels für die verschiedenen Stäbe variiren, und weil es nicht genügend erwiesen ist, daß bei ungleich großen Stäben aus demselben gehärteten Stahl durch Magnetisirung bis zur Sättigung Kräfte erhalten werden, die der Masse derselben proportionirt sind.

Stäbe werden deshalb viel kräftiger angezogen werden, als die kleineren.

Diese Thatfachen, in Vereinigung mit der großen Wahrscheinlichkeit, daß die Coërcitivkraft bei verschiedenen Gesteinen verschieden ist, führten darauf, die Reactionen zu studiren, die von verschiedenen eisenhaltigen Gesteinen auf zwei Magnetstäbe ausgeübt wurden, deren Länge nahe gleich (3 Decim.), deren Volum aber verschieden war; denn der eine cylindrische hatte einen Halbmesser von $\frac{1}{2}$ Millim., der andere prismatische war 25 Millim. breit und 6 Millim. dick. Die zu prüfenden Gesteine wurden immer zuerst dem kleineren und erst nachher dem größeren Stabe fast bis zum Contact mit einem Pole genähert. Von den 34 untersuchten Gesteinen wirkten 11 auf den kleineren Stab gar nicht, 14 wirkten unipolar und 9 bipolar auf denselben (zu diesen gehörten 5 Proben von Laven, 2 Glimmerschiefer, 1 Sablit, 1 Smirgel). Am größeren Stabe, an welchem die Einwirkungen merklicher waren, zeigten sich sämtliche 34 Mineralien unipolar. Die Versuche ergaben demnach, daß die eisenhaltigen Gesteine auf beide Stäbe wie gehärteter Stahl und nicht wie weiches Eisen wirken, und die Verschiedenheit der Wirkung, die ein solches Gestein auf den einen oder anderen Stab ausübt, beweist zugleich, daß die Coërcitivkraft mit der Beschaffenheit des dem Versuche unterworfenen Gesteins sich verändert. Was den Umstand betrifft, daß die Kraft, die am größeren Stabe wahrnehmbar war, am kleineren verschwand, so beruht er jedenfalls auf der großen Energie, mit welcher das Gestein der Entwicklung seiner beiden magnetischen Principe widersteht, und da die Körper, die mit einem Uebermaafs der magnetischen Resistenz begabt sind, zugleich ein Uebermaafs der magnetischen Persistenz besitzen, so war es wahrscheinlich, daß das Gestein den unter der mächtigen Wirkung des größeren Stabes erlangten Magnetismus auch später ganz oder theilweise behält. Das Experiment wies in der That nach, daß die Gesteine, die sich vorher am Magnetoskop und am kleineren Stabe unwirksam gezeigt hatten,

durch die Einwirkung des größeren Stabes befähigt wurden, auch auf jene beiden einzuwirken, weshalb die oben erwähnte Reihenfolge des Versuchs gerechtfertigt ist.

Wer aber glauben wollte, der größere Stab sey zur Bestimmung der verschiedenen Grade des Gesteinsmagnetismus deshalb geeigneter, weil er deutlichere Ausschläge giebt, würde sich sehr irren; um die magnetische Reaction möglichst zu umgehen, ist es vielmehr nöthig, den Gebrauch eines jeden, der ganzen richtenden Wirkung des Erdmagnetismus unterworfenen Magnetstabes zu vermeiden, und zur Anwendung des Magnetoskops zurückzukehren.

Man hat seit einiger Zeit beim Studium der Geologie und der terrestrischen Physik die Wichtigkeit der Gesteine in Bezug auf den Erdmagnetismus dadurch zu schätzen gesucht, daß man die Mineralsubstanzen im gepulverten Zustande und in gleichem Gewicht der anziehenden Wirkung eines kräftigen Magnetpoles unterwarf, und die Menge des ausgezogenen Pulvers ermittelte. Man glaubte dadurch nicht nur die sogenannten magnetischen Kräfte der Gesteine, sondern selbst die störende Wirkung des anstehenden Gesteins auf die Bussole bestimmen zu können ¹⁾. Die bisherigen Versuche und Beobachtungen zeigen aber, daß dies Verfahren ein völlig verfehltes ist, denn da die magnetische Wirkung der Gesteine von der Coërcitivkraft abhängt, die bei verschiedenen Gesteinen verschieden ist, und da diese durch das Pulvern gänzlich zerstört wird, so wäre es, wenn man die von der geologischen Constitution der Gegend herrührenden Störungen in der angegebenen Weise bestimmen wollte, gerade eben so, als wenn man die so sehr verschiedenen Wirkungen mehr oder weniger magnetisirter und gleich weit entfernter Stäbe von Stahl, Gufseisen, Schmiede-

1) So sagt z. B. Delesse (*sur le pouvoir magnetique des roches, Ann. d. mines* 4. Série 1849): »Man ersieht hieraus, daß es möglich ist, wenn man die geologische Karte eines Ortes, und die magnetische Kraft der zunächst anstehenden Gesteine kennt, durch Rechnung zu bestimmen, welche Abweichung die Magnetnadel an einem solchen Orte in Beziehung auf den magnetischen Meridian erleidet.«

eisen u. s. w. auf die Magnetnadel, mit Hülfe der Anziehung ihrer Feilspähne schätzen wollte; man hätte sie damit einer Operation unterworfen, die augenscheinlich zu einer völligen Gleichheit der Wirkungen führen würde ¹⁾.

Schließlich macht Melloni darauf aufmerksam, daß manche Täuschungen der Experimentatoren auch darauf beruhen können, daß sie über die relative Energie, mit welcher unipolare und bipolare Körper störend auf die Magnetnadel einwirken, im Unklaren sind. Die Betrachtungen, welche er in dieser Richtung anstellt, können hier flüchtig übergangen werden, da sie unserem Gegenstande weniger nahe liegen. Es mag jedoch bemerkt werden, daß er drei Ursachen aufzählt, die es bedingen, daß unipolare Körper in die Ferne weniger kräftig störend auf die Nadel wirken als bipolare. Es ist dies zuerst die Resistenz, welche die Coërcitivkraft der Entwicklung der magnetischen Principien entgegensetzt; zweitens der Umstand, daß die Wirkung, die ursprünglich von dem magnetischen Instrumente ausgeht, zweimal den Raum zwischen dem Instrument und dem eisenhaltigen Körper durchlaufen muß, wodurch sie viermal schwächer wird, als die directe Kraft; drittens endlich sind es die entgegengesetzten Drehungsrichtungen, welche derselbe Punkt des störenden Körpers den beiden Enden der Magnetnadel zu ertheilen sucht.

Die Untersuchungen Melloni's über den Gesteinsmagnetismus sollten, so scheint es, mit den beiden Denkschrif-

1) Auch Zaddach folgert aus seinen Versuchen (a. a. O. p. 62) »daß sich das Pulver von Basaltstücken desselben Fundortes dem Magnete gegenüber ganz auf gleiche Weise verhält, mögen sich diese polarisch gezeigt haben oder nicht. Die polarische Eigenschaft des Steines liegt demnach nicht in einer Verschiedenartigkeit seiner Gemengtheile, sondern ist in Verhältnissen begründet, deren Wirkung mit der Pulverisirung des Steines aufgehoben wird.« — Er fügt hinzu (p. 72) »daß die Stärke der magn. polarischen Wirkung verschiedener Basalt- und Trachytstücke mit ihrem spec. Gewichte und folglich mit ihrem größern oder geringern Gehalte an Magneteisen in keinem bestimmten Verhältnisse steht.«

ten (deren wesentlicher Inhalt im Vorstehenden mitgetheilt wurde) keineswegs abgeschlossen seyn; er würde ohne Zweifel, wenn es ihm vergönnt gewesen wäre, auf der gewonnenen Basis weiter forschend, in späteren Arbeiten auch auf die Beantwortung anderer Fragen eingegangen seyn, die man auch jetzt noch als unerledigt betrachten kann.

Es ist nicht meine Absicht, auf die Erörterung der eben angedeuteten Fragen ausführlich einzugehen, ich erlaube mir jedoch einige Bemerkungen, die sich aus der Vergleichung der Melloni'schen Forschungen mit den Resultaten anderer Beobachter zunächst ergeben.

Zaddach, der die Magnetisirung der Felsen allmählich in ihrem bereits starren Zustande erfolgen läßt, schreibt hierbei der Structur derselben einen großen Einfluß zu, indem er meint ¹⁾, daß nur solche eisenhaltige Gesteine sich polarisch zeigen, die nicht nur dem freien Einfluß der Atmosphäre ausgesetzt sind, sondern auch von vielen in das Innere eindringenden Spalten und Sprüngen durchsetzt werden, so daß sich die polarische Eigenschaft von außen nach innen und von oben nach unten durch das Gestein verbreiten kann. Wenn nun auch nicht recht einzusehen ist, wie man sich das leichtere Eindringen der magnetischen Kraft in die zerklüfteten Felsen denken soll, so führte ihn diese Ansicht dennoch dazu, Basaltstücke zu glühen und in kaltem Wasser abzulöschen; sie zeigten sich dann nicht nur von Spalten und Rissen durchzogen, sondern wirkten nun auch deutlich polar magnetisch, was sie früher nicht gethan hatten, und die Richtung ihrer Magnetaxe schien in die Richtung des magnetischen Meridians zu fallen. Leider nahm Zaddach diese Beobachtungen nicht unmittelbar nach dem Erkalten der Gesteine vor, er denkt sich deshalb, die Magnetisirung sey auch hier erst allmählich nach dem Erkalten, durch die entstandenen Risse und Sprünge vermittelt, bewirkt worden.

Melloni, der Zaddach's Versuche schwerlich kannte, kam aus einem anderen Gesichtspunkte zu ähnlichen Ver-

1) A. a. O. S. 78 u. f.

suchen; denn nach seiner Annahme erhalten die vulcanischen Gesteine ihre Magnetisirung im Momente des Erstarrens und Erkalten durch eine Aenderung des molecularen Gleichgewichts, eine spätere Einwirkung des Erdmagnetismus bleibt, wegen der grossen magnetischen Persistenz, die diesen Gesteinen eigenthümlich ist, ausgeschlossen. In der That erhielten die geglühten Stücke beim Ablöschen, ganz so wie nicht magnetischer geglühter Stahl, unten einen Nordpol, oben einen Südpol.

Meine eignen Beobachtungen stimmen mit denen Melloni's völlig überein; während er aber nur vulcanische Gesteine diesen Versuchen unterwarf, habe ich dasselbe Verhalten bei vielen eisenhaltigen Gesteinen verschiedener Bildung wahrgenommen, und wahrscheinlich wird es sich bei allen nachweisen lassen. Die bis zum Rothglühen erhitzten Gesteine wurden bis zum Erkalten in kaltem Wasser abgelöscht, und gleich darauf an einem Magnetoscop und an einem Taschencompafs geprüft; dafs sich der Nordpol jedesmal an dem Ende zeigte, welches beim Ablöschen nach unten gekehrt war, der Südpol am obern, bedarf wohl kaum der Erwähnung. Da eine genaue Messung der Magnetkraft schon deshalb keinen Zweck gehabt hätte, weil die angewandten Handstücke von sehr ungleicher Gröfse und unregelmässiger Gestalt waren, so sind die untersuchten Gesteine nur nach der oberflächlich geschätzten Stärke ihrer Wirkung so geordnet worden, dafs die kräftiger wirkenden voranstehen. Die Gesteine sub *A* zeigten sich auch am Taschencompafs deutlich polarisirt, bei den sub *B* gestellten konnte das bipolare Verhalten nur durch ein astatisches System constatirt werden, dessen Nadeln nahe 4 Zoll lang und $2\frac{1}{4}$ Zoll von einander entfernt waren, und welches an einem 8 Zoll langen einfachen Seidenfaden hing.

A.

1. Gneisartiger Syenit, vom Kyffhäuser.
2. Lava vom Kammerbühl.
3. Verkieselter Baumstamm, vom Kyffhäuser.

4. Glimmerführender Melaphyr, von Ilfeld.
5. Körniger Melaphyr, daher.
6. Dichter Melaphyr, daher.
7. Mandelstein, daher.
8. Granit, von den Schnarchern.
9. Desgl. von den Feuersteinklippen.
10. Desgl. vom Kyffhäuser.
11. Rother Sandstein mit Glimmerblättchen.
12. Rothliegendes vom Kyffhäuser.
13. Sanderz, aus dem Kupferschiefergeb.
14. Hornsteinporphyr, vom Ravensberge.
15. Thonstein, von Ilfeld.
16. Euphotid, aus dem Radauthale.
17. Grauacke, Harz.
18. Kieselschiefer, daher.

B.

1. Kupferschiefer, von Buchholz.
2. Syenit, von der Rostrappe.
3. Quarzporphyr, vom Auerberge.
4. Gelber quarziger Sandstein.
5. Helles Conglomerat aus dem Rothliegenden.
6. Stück eines Dachziegels.

Viele dieser Gesteine hatten durch das plötzliche Ablöschen sichtbare Risse und Sprünge erhalten, und der besonders kräftig wirkende gneifsartige Syenit bröckelte sogar leicht aus einander; an andern, wie an den Melaphyren, war kaum eine Veränderung wahrzunehmen. Lief man einige dieser Gesteine, anstatt sie in kaltem Wasser abzulöschen, langsam an der Luft erkalten, so blieb zwar die polar-magnetische Wirkung nicht aus, sie war aber, wie auch M. fand, merklich schwächer. Von neuem geglüht und in umgekehrter Lage abgelöscht, erlitt auch die Lage der Pole eine Umkehrung. Da die Handstücke zwischen Kohle geglüht wurden, so konnte die reducirende Wirkung der Kohlengase mitgewirkt haben; es wurden deshalb Stücke von dichtem Melaphyr in einem eisernen Löffel mit Sand

bedeckt geglüht, und dann abgelöscht; auch sie waren indeß deutlich, aber schwächer polar-magnetisch, als Stücke des gleichen Gesteins, die dem freien Feuer ausgesetzt gewesen waren. Es konnte dieß aber auch darin seinen Grund haben, daß man jene Stücke nicht bis zum vollen Rothglühen gebracht hatte.

Nimmt man Melloni's Ansicht von der Magnetisirung der Laven im Moment ihres Erkalten an, und dehnt man sie auf die sogenannten plutonischen, und die durch Hitze metamorphosirten Gesteine aus, da, wie die Glühversuche zeigen, eine Schmelzung der Mineralmasse nicht erforderlich ist; will man ferner die Coërcitivkraft aller dieser Gesteine der gleich setzen, welche M. für die Laven erwiesen zu haben glaubt: so ließen sich hieraus für die Geologie höchst wichtige Folgerungen ziehen; denn man würde das Magnetoskop als ein Instrument zu betrachten haben, durch welches man zu entscheiden vermöchte:

- 1) ob ein Gestein feurigen (vulcanischen und plutonischen) oder neptunischen Ursprungs wäre;
- 2) ob man gewisse Gesteine mit Recht als solche zu betrachten habe, die durch Hitze metamorphosirt sind;
- 3) ob sich Felsmassen, die sich bipolar zeigen, noch in derselben Stellung befinden, die sie beim Erkalten einnahmen;
- 4) ob zur Zeit der Magnetisirung solcher Gesteine, die ihre normale Lage behauptet haben, die Richtung des magnetischen Meridians und die Größe der magnetischen Neigung eine andere war als heute.

Die ersten drei Fragen würden, so scheint es, sich leicht beantworten lassen; größere aber keineswegs unüberwindliche Schwierigkeiten würde die letzte Frage darbieten, deren Beantwortung aber auch in vielfachen Beziehungen von großem Interesse wäre; man könnte sogar auf die Idee kommen die Altersverhältnisse feuriger Gebilde durch das Magnetoskop auf ähnliche Weise bestimmen zu wollen, wie man aus den Petrefacten auf das Alter sedimentärer Formationen zu schließen pflegt.

Bevor man jedoch das Magnetoskop und ähnliche magnetische Instrumente zu solchen, wenn ich so sagen darf, extravaganten Untersuchungen mit Sicherheit in Anwendung bringen kann, sind noch manche Vorfragen zu erledigen. Diejenigen, welche sich weniger mit dem polar-magnetischen Verhalten von Handstücken, als mit den Störungen beschäftigt haben, die gröfsere Gesteinsblöcke oder anstehende Felsmassen auf die Magnetnadel ausüben, kommen darin überein, dafs es vorzugsweise freistehende, der Wirkung der Atmosphäre ausgesetzte Felsen sind, an welchen sich eine stärkere polare Wirkung zeigt. Meine früheren Beobachtungen an den magnetischen Basalten der Eifel, so wie die erst vor Kurzem an zahlreichen Granitklippen des Harzes angestellten Untersuchungen nöthigen mich dieser Annahme beizupflichten; am Ilsestein z. B. habe ich, von seiner Basis mühsam aufwärts kletternd, erst dann kräftig polare Blöcke gefunden, als ich dem Gipfel nahe kam, auch bei andern Klippen war an tief im Waldesschatten liegenden, mit dickem Moos überzogenen Blöcken keine Einwirkung auf die Nadel wahrzunehmen; an frei stehenden, der Sonne und den Winden ausgesetzten Graniten, die nackt oder zum Theil mit Flechten bekleidet waren, machte sich, obgleich auch unter diesen Bedingungen nur stellenweise, häufig eine kräftige Polarität bemerklich. Ob sich diese Erscheinung, von Melloni's Standpunkte aus, dadurch erklären läfst, dafs jene mehr isolirten und hervorragenden Felsen ihren kräftigern Magnetismus dem weit schnelleren Erkalten zu verdanken haben, wage ich nicht zu entscheiden, obgleich dafür auch der Umstand zu sprechen scheint, dafs die wirksamsten Steinmassen sich häufig durch gröfsere Zerklüftung und einen höhern Grad der Verwitterung auszeichnen, Eigenthümlichkeiten, die ohne Zweifel eine Folge des sehr raschen Erkaltes seyn können. Diese Ansicht würde jedoch erst dann einen höhern Grad von Wahrscheinlichkeit erhalten, wenn man mit Hülfe des Magnetoskops den Nachweis lieferte, dafs das bipolare Verhalten denselben Felsmassen in geringerem Grade auch in

der Tiefe und unter der Oberfläche zukäme, und nur stufenweise bis zu ihrem Centrum abnähme.

Entschiedener als andere Beobachter führt Melloni das polar-magnetische Verhalten der Gesteine auf die inducirende Wirkung des Erdmagnetismus zurück, und weist dadurch, indem er sich auf seine an Laven angestellten Versuche stützt, den Polen eine bestimmte Lage und der Magnetaxe eine bestimmte Richtung an, die der des Eisens entsprechen muß, das seinen Magnetismus der Stellung verdankt. Zaddach, der es sich mehr als frühere Forscher angelegen seyn liefs, über die Richtung der Magnetaxen in den von ihm untersuchten Felsen Aufschluß zu erlangen, kommt im Gegentheil zu der Behauptung ¹⁾: »dafs die Vertheilung des Magnetismus in solchen Felsen eine ganz andere ist, als in einer senkrecht stehenden Eisenstange, so dafs in ihnen der Nord- und Südmagnetismus keineswegs in senkrechter, sondern in horizontaler Richtung getrennt sind«. Verbindet man damit das, was hier und da von anderen Beobachtern über diesen Gegenstand berichtet wird, so möchte man es, wenn auch wider Willen, für das Wahrscheinlichste halten, dafs die Vertheilung der Magnetismen in solchen Felsen eine durchaus unregelmäßige sey; ein Ergebnifs, das von Melloni's Standpunkte aus nur dadurch erklärlich würde, dafs die Mehrzahl jener Gesteinsmassen nicht mehr die Stellung einnehmen, die sie im Moment des Erkaltes besaßen, dafs sie aber, gleich jenen Bausteinen des Tempels zu Pompeji, die ursprüngliche Richtung ihrer Magnetaxe auch in den späteren Lagen beibehielten. Für nicht wenige Fälle, namentlich für alle losen Blöcke, mag man einer solchen Erklärung beipflichten, sie mag auch für Granitmassen gelten, die, wie es meistens der Fall ist, aus übereinander gelagerten Blöcken bestehn, und die keineswegs, wie es Wächter für die Schnarcher behauptete, eine allen gemeinsame Magnetaxe besitzen; wenn man sich aber mit Zaddach genöthigt sieht, um die Ablenkung der Nadel durch gröfsere

1) A. a. O. S. 23.

Basaltmassen zu erklären, in diesen mehr als eine Axe, und nahe neben einander selbst invertirt liegende anzunehmen; wenn meine Beobachtungen am Basalt der Landskrone und an den Graniten des Harzes, an ein und derselben Seite des Gesteins nahe bei einander entgegengesetzte, und öfter mit einander wechselnde Pole nachwiesen: so stehen diese Thatsachen, wenn man nicht zu neuen Hypothesen seine Zuflucht nehmen will, mit Melloni's Gesetz der Magnetisirung in Widerspruch.

Zaddach wird durch seine Beobachtungen an den Basaltmassen der Nürburg zur Annahme einer, durch den Erdmagnetismus entstandenen Hauptaxe geführt, deren Richtung mit geringen Modificationen, die von der Form und Structur des Gesteins abhängen, im magnetischen Meridian liegt; diese ruft später in anderen, des Magnetismus besonders empfänglichen Theilen desselben Felsen eine oder mehrere Nebenaxen hervor, deren Pole die entgegengesetzte Lage haben, und die nun ihrerseits, indem sie ihren Wirkungskreis ausdehnen, auch auf die Hauptaxe zurück wirken, und sie in eine andere Lage bringen können, so dafs zuletzt eine Reihe nahe paralleler Axen entsteht, die abwechselnd entgegengesetzliegende Pole haben. Wenn ich den Scharfsinn und die Ausdauer, mit welchen Zaddach sich über die Richtung der Magnetaxen in jenen Felsen Rechenschaft zu geben suchte, in hohem Grade anerkennen mufs, so begreife ich doch nicht (wenn ich ihn anders recht verstanden habe), wie die durch den tellurischen Magnetismus hervorgerufene Hauptaxe, deren polare Kraft mithin von der Intensität des Erdmagnetismus abhängen wird, in nahe liegenden gleichen, oder für den Magnetismus empfänglicheren Theilen der Steinmasse Pole hervorzurufen in Stande seyn soll, deren Lage die entgegengesetzte von derjenigen ist, welche die Magnetkraft der Erde bedingt, der doch die ganze Felsmasse in gleicher Weise unterworfen ist. Da auch nach dieser Ansicht Zaddach's die Lage der Magnetaxen eine mit der Zeit veränderliche ist, so kann ich nur in seinen Wunsch einstimmen, dafs jene Felsen jetzt,

nach 15 Jahren, von einem ebenso umsichtigen Beobachter von neuem untersucht werden möchten.

Obgleich Melloni seinen Laven eine sehr bedeutende Coërcitivkraft, eine gleichsam unbegrenzte magnetische Persistenz zuschreibt, so folgert er doch aus seinen Versuchen, daß die Coërcitivkraft bei verschiedenen Gesteinen verschieden ist, und damit stimmen auch meine eignen, freilich noch zu wenig zahlreichen Beobachtungen überein. Ein Stück Grauwacke, welches Spatheisenstein eingesprengt enthielt, und zum Theil damit überwachsen war, wurde, dem Glühversuche unterworfen, so stark bipolar, daß es selbst die Nadel des Taschencompasses umzudrehen vermochte; der Eisenspath war zu schwarzem Oxydul oder Oxydul-Oxyd geworden, welches leicht abbröckelte und vom Magnet mit großer Vehemenz angezogen wurde. Legte man nun dieses Handstück mit einem seiner Pole an den homologen Pol eines kräftigen Magnetstabes, so waren die Pole bereits nach wenigen Stunden umgekehrt, und diese Umkehrung ließ sich so oft wiederholen als man wollte. Die Melaphyre von Ilfeld (besonders der basaltähnliche dichte Melaphyr des Netzbergs und Rabensteins), die an sich meist nur schwach auf das Magnetoskop wirken, ließen sich leicht dadurch magnetisiren, daß man Handstücke derselben der Einwirkung des Poles eines kräftigen Magnets längere Zeit aussetzte; erhitze man solche Stücke auf dem Ofen etwa bis zum Siedepunkte des Wassers, und ließ sie in Berührung mit einem kräftigen Magnetpol langsam erkalten, so wirkten sie sofort bipolar, selbst auf die Nadel des Compasses. Diese und einige andere Versuche, die noch weiter verfolgt werden müßten, schienen mir dafür zu sprechen, daß besonders bei solchen Gesteinen eine geringere Coërcitivkraft gefunden wird, die dicht und reich an einer des Magnetismus besonders empfänglichen Eisenverbindung sind. Daß die genannten Melaphyre (spec. Gew. 2,63 bis 2,75) einen nicht unbedeutenden Eisengehalt besitzen, documentirt sich dadurch, daß der durch ihre Verwitterung entstandene Grus, wenn in ihm durch Regen Wasserrinnen entstehen, sich in

diesen durch einen natürlichen Schlämmpocess, mit schwarzen Streifen bedeckt, deren Substanz sich unter der Lupe aus meistens eisenfarbigen Körnchen bestehend zeigt, von welchen aber nur etwa $\frac{1}{10}$ durch den Magnet ausgezogen werden kann. Bäntsch ¹⁾ spricht diese Körner für Magnet Eisen und Eisenglanz an; eine Analyse derselben wäre wünschenswerth.

Können aber, obigen Versuchen zufolge, auch kalte Gesteine durch die nur kurze Zeit dauernde Einwirkung eines kräftigen Magnetstabs Polarität erhalten, und wird diese Magnetisirung selbst durch geringe Temperaturwechsel erleichtert und beschleunigt, so muß man es auch für möglich halten, daß gewisse Felsmassen durch die zwar schwächer aber ununterbrochen wirkende Magnetkraft der Erde besonders dann allmählich polarisch werden, wenn sie den Einflüssen der Witterung und damit fortwährenden Aenderungen der Temperatur unterworfen sind, so daß wir in diesem Sinne mit Zaddach ²⁾ sagen könnten: »wir sehen also, daß die Natur durch den fortwährenden Temperaturwechsel in den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten in langer Zeit dasselbe zu erreichen vermag, was auf künstlichem Wege eine plötzliche Erhitzung und Abkühlung hervorruft.« Aber auch selbst dann, wenn wir mit Zaddach den herrschenden Windrichtungen bei dieser Magnetisirung einen merklichen Einfluß zuschreiben wollen, werden wir uns immer nicht gern von der Idee trennen können, die Lage der so entstandenen Pole müsse eine der Richtkraft des Erdmagnetismus entsprechende seyn.

Da die oben mitgetheilten Glühversuche den Beweis liefern, daß selbst eisenhaltige, unkrystallinische, den sedimentären Schichten angehörende Gesteine, z. B. Conglomerate und Sandsteine, so stark magnetisirt werden können, daß ihre Bipolarität sich sogar an der gewöhnlichen Magnetnadel nachweisen läßt; so wäre zu vermuthen, daß auch hervorragende, den Einflüssen der Witterung ausgesetzte

1) Die Melaphyre des Harzes. Halle 1858 S. 13.

2) a. a. O. S. 85.

Felsmassen dieser Formation in ähnlicher Weise wie Granite, Basalte u. s. w. nicht selten störend auf die Nadel einwirken müßten. Soviel mir aber bekannt ist, hat man an Felsen von erwiesener neptunischer Bildung noch nie eine solche magnetische Wirkung wahrgenommen, was vielleicht nur dadurch erklärlich wird, daß der gewöhnliche atmosphärische Temperaturwechsel nicht hinreichend ist, ihre große magnetische Resistenz zu überwinden, daß vielmehr, wie es Melloni im Allgemeinen will, wenigstens ein Erhitzen derselben bis zum Glühen stattfinden muß, wenn sich beim Erkalten die tellurisch-magnetische Induction in ihnen dauernd fixiren soll. Es bedarf wohl kaum der Bemerkung, daß der natürliche bipolare Magnetismus der Gesteine nur dann die wichtige Bedeutung für die Geologie gewinnt, von der oben die Rede war, wenn die zuletzt ausgesprochene Meinung richtig ist.

VII. *Combinirter Multiplikator und Intensitäts-Accommodator; von F. L. von Gallois in Linz.*

Fig. 13, Taf. III stellt einen combinirten Multiplikator dar, um sehr kleine Mengen Elektricität messen, respective mit anderen Intensitäten vergleichen zu können.

Als Grundform ist der gewöhnliche Multiplikator mit astatischen Nadeln, nach Nervander, angenommen. Das Instrument wird aus sechs gleich großen Reifen gebildet, welche aus zwei verschiedenen weichen Holzarten zusammengedreht, in Oel gekocht und mit Copal-Lack bestrichen sind.

Fig. 10 und 10' Taf. III bezeichnen einen solchen Reifen. *a* ist der ausgeschlittene Theil, der zur Umwindung des Drahtes bestimmt ist. *b* hält den Raum der zur Einsenkung