

Zeitschrift: Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft
Herausgeber: Aargauische Naturforschende Gesellschaft
Band: 20 (1937)

Artikel: Magnetische Messungen am Herznacher Eisenoolith
Autor: Waldmeier, Max
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-172183>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Magnetische Messungen am Herznacher Eisenoolith.

Von Max Waldmeier.

I. Die Störung des erdmagnetischen Feldes im Gebiet des Eisenerzlagers.

Bis vor kurzer Zeit gab es noch keine erdmagnetische Vermessung der Schweiz. Vereinzelte Messungen der magnetischen Elemente, die aus dem letzten Jahrhundert stammen, sind wegen ihrer geringen Genauigkeit heute bedeutungslos (13). Der Plan einer erdmagnetischen Landesvermessung tauchte erstmals auf, als unsere Nachbarstaaten am Ende des letzten Jahrhunderts ihre großen magnetischen Vermessungen durchführten. Einer bescheidenen Landesvermessung hätte damals wohl nichts im Wege gestanden; aber das damals ausgearbeitete Projekt umfaßte neben einer umfangreichen Landesvermessung die Errichtung eines großartigen meteorologisch-magnetisch-seismologischen Zentralobservatoriums. Aus finanziellen Gründen kam das Projekt nicht zur Ausführung. 1912 regte W. Brückmann die erdmagnetische Vermessung auf der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft von neuem an; auch sein Projekt kam jedoch nicht zur Durchführung. Den unablässigen Bemühungen W. Brückmanns ist es zu verdanken, daß das Problem neuerdings in Fluß kam. Mit Unterstützung des Staates, der Eidg. Meteorologischen Kommission, der Schweizerischen Geodätischen Kommission, der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt und einiger ausländischer Institute, die die Instrumente zur Verfügung stellten, konnte W. Brückmann in den Jahren 1927 bis 1931 diese alte Lücke in der schweizerischen Naturforschung ausfüllen (8, I u. II).

Zur Reduktion der Messungen mußte für die Dauer der erdmagnetischen Landesvermessung eine Variationsstation er-

richtet werden. Glücklicherweise konnte das Variometerhäuschen, das sich bei Regensberg, am Ostende der Lägern befindet, auch nach Abschluß der Landesvermessung weiterhin in Betrieb gehalten werden. Ständige Variometerstation und erdmagnetische Übersichtskarte sind die Grundlage, auf der sich Spezialuntersuchungen aufbauen können.

Während in andern Ländern jährlich viele magnetische Untersuchungen zur Mutung auf ausbeutbare Minerallagerstätten oder zur petrographischen und tektonischen Untersuchung des geologischen Untergrundes ausgeführt werden, ist die magnetische Methode in der Schweiz noch nicht praktiziert worden, obschon sie zur Lösung vieler Spezialprobleme, insbesondere der Alpengeologie, geeignet wäre.

In der vorliegenden Arbeit wird die Horizontalkomponente des erdmagnetischen Feldes in der Gegend von Herznach untersucht. Bei derartigen lokalen Vermessungen ist es allgemein üblich, nur relative Messungen auszuführen, da man sich nur für die Variationen der erdmagnetischen Kraft von Ort zu Ort, nicht aber für ihre absolute Größe interessiert. Die Messungen wurden mit einem Weberschen Magnetometer ausgeführt, das mir vom physikalischen Institut der E.T.H. zur Verfügung gestellt worden ist; das Instrument ist eingerichtet für Schwingungs- und Ablenkungsbeobachtungen. Die Kombination einer Schwingungs- und einer Ablenkungsbeobachtung ergeben in bekannter Weise den absoluten Wert der Horizontalintensität; wenn man sich mit relativen Werten begnügt, braucht man nur Schwingungs- oder nur Ablenkungsbeobachtungen auszuführen. Vorversuche im Laboratorium ergaben, daß beide Methoden gleich gute Resultate ergaben; da aber die Ablenkungsmethode beim Weberschen Magnetometer im Felde sehr umständlich ist, habe ich mich für die Schwingungsmethode entschieden. In der Wahl der Methode unterscheidet sich die vorliegende Arbeit wesentlich von anderen magnetischen Lokalvermessungen neueren Datums, welche fast ausnahmslos mit der Ablenkungsmethode (Schmidt'sche Feldwaagen) ausgeführt worden sind. Eine weitere methodische Besonderheit liegt darin, daß nicht, wie es vorwiegend

üblich ist, die Störungen in der Vertikalkomponente, sondern diejenigen der Horizontalkomponente untersucht werden, weil mit dem Weberschen Magnetometer nur die Horizontalkomponente gemessen werden kann. Die Messung der Vertikalintensität hat derjenigen der Horizontalintensität gegenüber zwei Vorteile: 1. Die Störungen der erdmagnetischen Kraft gehen in unseren geomagnetischen Breiten etwa doppelt so stark in die vertikale wie in die horizontale Komponente ein. Dieser Vorteil wird aber dadurch kompensiert, daß die Genauigkeit unserer Schwingungsmessungen, wie wir noch sehen werden, wesentlich größer ist als diejenige, die man mit einer Feldwaage für Vertikalintensität erreichen kann. 2. Man kann aus den Isanomalien der Vertikalintensität leichter auf Lage und Mächtigkeit der störenden Schicht schließen, als aus denjenigen der Horizontalintensität.

Die Schwingungsmethode ist im Prinzip sehr einfach; sie besteht darin, daß man die Schwingungsdauer eines aufgehängten Magneten mißt. Zwischen der Schwingungsdauer T und der horizontalen Komponente der magnetischen Feldstärke H besteht die Beziehung:

$$T^2 = \frac{K \cdot \pi^2}{M \cdot H \cdot (1 + \theta)} \quad 1$$

dabei bedeuten: K das Trägheitsmoment des Magneten bezüglich der Drehachse, M das Moment des Magneten und θ das Torsionsverhältnis des Aufhängefadens. θ hängt mit der Direktionskraft δ des Aufhängedrahtes zusammen:

$$\delta = M \cdot H \cdot \theta \quad 2$$

und wird folgendermaßen bestimmt: bei nicht tordiertem Aufhänge draht liegt der Magnet im magnetischen Meridian; nun wird der Torsionskopf um den Winkel α gedreht; in der neuen Ruhelage bilde der Magnet mit dem Meridian den Winkel φ ; dann ist:

$$\delta \cdot (\alpha - \varphi) = M \cdot H \cdot \sin \varphi \quad 3$$

$$\theta = \frac{\delta}{M \cdot H} = \frac{\sin \varphi}{\alpha - \varphi} \approx \frac{\varphi}{\alpha - \varphi} \quad 4$$

Die in 1 auftretenden Größen K, M, θ , sind Apparatkonstanten,

die wir zu einer einzigen Konstanten A zusammenfassen können:

$$H = \frac{A}{T^2} \quad 5$$

Die Konstante A bestimmt man durch Messung der Schwingungsdauer an einem Ort bekannter Feldstärke. Die Genauigkeit, mit der man die Feldstärke messen kann, hängt natürlich ab von der Genauigkeit, mit der man die Schwingungsdauer messen kann. Aus 5 findet man:

$$\left| \frac{dH}{H} \right| = 2 \cdot \left| \frac{dT}{T} \right| \quad 6$$

Der Fehler dT in der Bestimmung der Schwingungsdauer betrug 10^{-3} sec; die Schwingungsdauer T ist von der Größenordnung 10 sec und die Horizontalintensität H ist in unserer Gegend etwa $2 \cdot 10^4 \gamma$. Der Fehler in der Bestimmung der Horizontalintensität, dH , beträgt demnach etwa 4γ . ($10 \gamma = 1$ CGS-Einheit). Die Schwingungsmessungen erfolgten nach der Lamontschen Methode, indem zwischen dem 0. und 60. und zwischen dem 100. und 160. Durchgang jeder dritte Durchgang registriert wird; man erhält so 21 Werte für die Dauer von 100 Halbschwingungen; diese Werte werden auf Zehntelsekunden angegeben und der Mittelwert aus den 21 Werten auf Hundertstelssekunden; die mittleren Fehler betragen bei allen Schwingungssätzen 4 bis 7 Einheiten der zweiten Dezimalen. Durch Beobachtung mehrerer Schwingungssätze (an jeder Station wurden mindestens 3, häufig 4 oder 5 Schwingungssätze beobachtet) konnte die Genauigkeit so weit gesteigert werden, daß der mittlere Fehler nicht mehr größer, in den meisten Fällen sogar kleiner als 5 Einheiten der zweiten Dezimalen wurde; damit war die angestrebte Genauigkeit erreicht; denn wenn der mittlere Fehler der Dauer von 100 Halbschwingungen kleiner als 0,05 sec ist, so beträgt der Fehler der Schwingungsdauer weniger als 0.001 sec.

Das Messinggehänge, das den Magneten trägt, hängt an einem dünnen Band aus Phosphorbronze. Der Schwingungskasten besteht aus Kupfer und hat auf einer Längsseite ein Fenster, durch welches man das in seinem Inneren befindliche

Thermometer ablesen kann; unmittelbar über dem Schwingungskasten ist ein zweites Thermometer angebracht. Je zu Anfang, Mitte und Ende jedes Schwingungssatzes werden die Angaben der Thermometer und die Schwingungsamplitude notiert. Ein Schirm von 1 qm Größe hielt die direkte Sonnenstrahlung ab; auf den meisten Stationen konnte im Schatten eines Baumes gemessen werden.

Zur Bestimmung der Schwingungsdauer diene ausschließlich ein «Chronographe rattrapante», den mir die durch ihre Präzisionsuhren weltbekannte Firma Ulysse Nardin, Le Locle und Genf, in sehr verdankenswerter Weise unentgeltlich zur Verfügung gestellt hat, und der sich während der ganzen Untersuchung ausgezeichnet bewährt hat. Der Chronographe rattrapante (14) hat zwei springende Zeiger, die zu Beginn des Schwingungssatzes gleichzeitig in Bewegung gesetzt werden; zur Registrierung eines Durchganges wird der eine Zeiger durch Druck auf den Arretierungsknopf gestoppt, und nachdem die Zeit abgelesen und notiert ist, läßt man den Zeiger durch abermalige Betätigung des Arretierungsknopfes den andern Zeiger, der inzwischen gleichmäßig weitergeschritten ist, sprungweise einholen. Im Laboratorium betrug der tägliche Gang der Uhr 0.3 bis 0.4 sec. und selbst während den Beobachtungen im Feld, wo der Chronographe täglichen Temperaturschwankungen von 10° bis 15° ausgesetzt war, überstieg der Gang nie eine Sekunde. Dem einwandfreien Funktionieren und der hohen Präzision des Chronographe rattrapante ist es vor allem zu verdanken, daß diese subtilen magnetischen Messungen (die größte gemessene Feldstärke unterscheidet sich von der kleinsten nur um 0.3 %!) überhaupt Erfolg hatten.

Die in 1 auftretenden Parameter sind nun nicht konstant, sondern hängen von der Temperatur ab; auch die Achsenrichtung, die Poldistanz und die Verteilung des Magnetismus im Magneten ändern sich mit der Zeit und mit der Temperatur. Wir machen nun die Voraussetzung, daß die Parameter keinen säkularen Gang und keine Unstetigkeiten aufweisen und sich mit der Temperatur reversibel ändern sollen; d. h. die Parameter und damit auch A in 5 sollen eindeutige Funktio-

nen der Temperatur t sein. Da die ganze Untersuchung im Feld nur 9 Tage dauerte, darf die erste Voraussetzung als erfüllt betrachtet werden; daß während der Untersuchung auch keine Unstetigkeiten eingetreten sind, erkennt man daran, daß die Messungen an der Anschluß-Station 1 (Tab. I), die zu Beginn und am Ende der Kampagne erhalten worden sind, sich stetig zusammenschließen. Der Gefahr einer un stetigen Änderung des magnetischen Momentes wurde durch Verwendung eines mindestens 35 Jahre alten Magneten vorgebeugt; solch alte Magnete machen keine großen Sprünge mehr (1).

Die Funktion A von t wurde durch Messungen an der Anschluß-Station 1 im ungestörten Gebiet empirisch ermittelt. Aus der Karte von Brückmann (8,II) interpoliert man für die Horizontalintensität für die Station 1 und für Mitte 1933 den Wert 20 480 γ . Addieren wir dazu jeweils die Variation V , so erhalten wir die während der Messung herrschende Horizontalintensität H . Aus H und der Schwingungsdauer T erhält man nach 5: $A=HT^2$ (Tab. I).

Tab. I. **Bestimmung von $A(t)$.**

Datum	Zeit	t	T	H	A
VIII. 8.	16.00	27.9	8.274	20 507	1 403 889
VIII. 14.	9.30	18.6	8.271	20 483	1 401 222
VIII. 14.	10.10	20.0	8.272	20 486	1 401 775
VIII. 14.	10.50	22.7	8.273	20 488	1 402 240
VIII. 14.	11.25	24.3	8.275	20 489	1 403 005
VIII. 14.	13.45	25.1	8.275	20 491	1 403 005
VIII. 14.	14.40	22.1	8.273	20 489	1 402 329
VIII. 14.	15.30	22.6	8.273	20 487	1 402 192
VIII. 14.	17.00	18.5	8.269	20 489	1 400 956

Stellt man die Tabelle I in einem t,A -Diagramm graphisch dar, so erkennt man, daß A innerhalb der Fehlergrenzen linear mit t zunimmt. Die Messung vom 8. VIII. schließt sich denjenigen vom 14. VIII. gut an, was beweist, daß sich das magnetische Moment in der Zwischenzeit nicht sprunghaft geändert hat.

Die Vermessung umfaßt 27 Stationen, über deren Verteilung das Stationenverzeichnis und die Isanomalienkarte orientieren. Das untersuchte Gebiet ist enthalten auf dem Siegfriedblatt 34 (Wölflinswil). Die Ergebnisse sind in Tab. II zusammengestellt. An jeder Station wird in der beschriebenen Art Schwingungsdauer und Temperatur gemessen. Die benutzten Thermometer wurden mit einem Normal-Präzisionsthermometer verglichen; dabei zeigten sich Abweichungen bis 0.3° , was eine Korrektur der beobachteten Temperaturen nötig machte; in den Tabellen sind die korrigierten Werte angegeben. An den gemessenen T-Werten waren noch drei kleine Korrekturen anzubringen: 1. Reduktion auf unendlich kleine Amplitude, 2. Reduktion auf unendlich kleine Dämpfung, 3. Korrektur für den Uhrgang. Wegen des oben erwähnten kleinen Uhranges konnte die dritte Korrektur vernachlässigt werden. In den Tabellen sind die korrigierten T-Werte angegeben. Aus Tab. I interpoliert man den zu t gehörigen Wert von A , oder entnimmt ihn dem erwähnten t, A -Diagramm. Aus A und T berechnet man die während der Messung herrschende Horizontalintensität $H' = A/T^2$; davon ist noch zu subtrahieren die Variation $V : H = H' - V$. Die Variationen wurden den Registrierungen von Regensberg entnommen; die in mm gemessenen Variationen wurden mit Hilfe des bekannten Skalenwertes in γ umgerechnet und auf die Temperatur 20° reduziert mit Hilfe des ebenfalls bekannten Temperaturkoeffizienten. Etwas willkürlich ist die Wahl der Basislinie, von der ab die Variationen gerechnet werden; es wäre vernünftig, die Basislinie so zu wählen, daß der Mittelwert der Variation verschwindet. Wir haben uns keine große Mühe gegeben, diesen Fall exakt zu realisieren, da selbst eine Verschiebung der Basislinie um 10γ auf den Betrag der Störungen, für welche wir uns schließlich allein interessieren, ohne Einfluß bleibt. Als Störung (Anomalie) ΔH definieren wir: $\Delta H = H - H^*$; dabei bedeutet H^* die normale Feldstärke, die herrschen würde, wenn das Feld nicht gestört wäre. Die H^* -Werte entnehmen wir wieder der Brückmannschen H-Karte (8, II). Darnach hat das normale Feld in der Gegend von Herznach folgende Gestalt: Die H-Iso-dynamen verlaufen in Richtung West-Ost; von Norden nach

Tab. II

Station	Datum	Zeit	T	t	A	H'	V	H	H*	ΔH
2	8.	10.00	8.279	28.0	1 403 900	20 482	-20	20 502	20 482	20
3	7.	11.30	8.272	22.3	2 300	494	-13	507	482	25
4	9.	11.00	8.281	26.2	3 400	465	-26	491	480	11
5	9.	16.00	8.267	25.9	3 300	533	20	513	479	34
6	9.	14.10	8.276	26.3	3 500	491	6	485	480	5
7	9.	17.15	8.267	21.9	2 200	517	27	400	479	11
8	10.	14.30	8.266	29.7	4 400	554	10	544	482	62
9	11.	11.35	8.280	27.4	3 800	476	-10	486	482	4
10	11.	13.25	8.273	30.0	4 500	521	13	508	480	28
11	11.	15.00	8.280	31.3	4 900	492	4	488	481	7
12	11.	16.25	8.276	27.1	3 700	494	15	479	481	-2
13	11.	10.10	8.281	26.2	3 400	465	-12	477	483	-6
14	12.	17.55	8.263	25.0	3 100	550	36	514	483	31
15	12.	16.50	8.264	26.3	3 400	550	33	517	483	34
16	12.	16.05	8.271	27.9	3 900	522	32	490	484	6
17	12.	9.00	8.265	19.3	1 400	515	0	515	484	31
18	12.	9.40	8.266	24.3	2 900	532	0	532	485	47
19	12.	11.40	8.267	27.2	3 700	539	8	531	485	46
20	12.	10.45	8.2745	26.0	3 400	497	5	492	486	6
21	12.	13.55	8.2755	29.7	4 400	507	25	482	485	-3
22	15.	10.30	8.261	19.3	1 400	535	11	524	487	37
23	15.	12.15	8.265	20.0	1 600	518	23	495	487	8
24	15.	15.25	8.255	17.2	0 800	556	92	464	489	-25
25	15.	17.00	8.251	16.0	0 500	572	98	474	489	-15
26	7.	14.00	8.277	27.8	3 900	492	7	485	483	2
27	7.	15.20	8.277	27.6	3 800	491	12	479	484	-5

Süden nimmt die Horizontalintensität für je 300 m um 1 γ zu. Für den Anschlußpunkt (Station 1) haben wir schon oben $H^* = H = 20\,480 \gamma$ normiert.

Tab. III. Stationsverzeichnis.

Nummer	östl. Länge	nördl. Breite	Flurnamen
1	5° 42' 55"	47° 28' 38"	St. Verena
2	42 48	28 28	Herznach
3	42 37	28 23	Zielbach
4	42 45	28 41	Brühl
5	42 31	28 51	Hofacker
6	42 37	28 39	Hübstelreben
7	42 08	28 48	Hintertannen
8	42 15	28 27	Windischmatt
9	41 43	28 24	Bärhalde
10	42 23	28 54	Nebenbreite
11	41 13	28 33	Roggenrüti
12	41 25	28 29	Bärkreuz
13	41 41	28 15	Haugerhölzli
14	40 55	28 16	Junkholz
15	40 57	28 12	Junkholz
16	41 02	28 08	Widenmatt
17	40 53	28 03	Boll
18	40 51	28 00	Boll
19	40 48	27 58	Boll
20	40 50	27 53	Punkt 536
21	40 11	27 57	Burgstätte
22	40 38	27 46	Bollrain
23	40 13	27 41	Orthalde
24	39 50	27 27	Buzentell
25	39 42	27 26	Wasserfallen
26	42 16	28 19	Wandellenth
27	42 18	28 10	Dittern

Bei Betrachtung der Isanomalkarte fällt besonders auf, daß die Störungen stark durch die topographischen Verhältnisse bedingt sind. In der Windischmatt (Stat. 8), wo die Erzschieht zutage tritt, haben wir die größte Störung. Schon vier-

zig Meter über der Erzsicht, auf dem Hübstel, ist das Feld normal. An der Nordseite des Hübstel tritt die Erzsicht in größerer Höhe zutage als in der Windischmatt, da die Schicht nach Süden einfällt; der nördliche Ausbiß macht sich wieder durch eine gestörte Zone bemerkbar; daß hier die Störungen etwas kleiner sind als in der Windischmatt kann reell sein, oder könnte dadurch zustande kommen, daß zufälligerweise im Gebiet maximaler Störung keine Station angelegt war. Überhaupt ist zu beachten, daß das Einzeichnen der Isanomalien aus den immerhin nicht sehr zahlreichen Stationen mit einiger Willkür verbunden ist. Auf dem südlichen Kornberg mit etwa 10 m Überdeckung haben wir noch eine kleine Störung (Stat. 11); beim Bärkreuz und Haugerhölzli (Stat. 12, 13) ist das Feld bei einer Überdeckung von 20 bis 40 m normal. Am Abhang gegen den Junkholzof und Geindelhof (Stat. 14—19) und am Bollrain (Stat. 22) treten wieder ausgedehnte gestörte Gebiete auf, die durch den Höhenrücken der Burgstätte (Stat. 20, 21), der die Erzsicht bis 40 m mächtig überdeckt, getrennt werden. Eine schwache Indikation ergab sich an der Orthalde (Stat. 23), unmittelbar über dem ausgehenden Erzhorizont. Die beiden negativen Anomalien südlich von Wölflinswil (Stat. 24, 25) sind wohl kaum reell, sondern durch den Wetterumschlag bedingt; während den übrigen Messungen herrschte nämlich immer trockenes und warmes Wetter; am Mittag des 15. VIII. aber setzte Regen ein, begleitet von einem starken Temperaturfall und starker Nebelbildung; die Stationen 24 und 25 wurden nach dem Regenfall getätigt; zu gleicher Zeit setzte auch eine kleine magnetische Störung ein, wie man aus den großen Variationen erkennt. Die übrigen Messungen fallen in die Zeit vom 7. bis 12. August 1933, die durch einen außergewöhnlich ruhigen Gang des Erdmagnetismus ausgezeichnet war, was für die Vermessung einen großen Vorteil bedeutete.

Über die magnetische Wirksamkeit von oolithischen Eisenerzen, d. h. über die Möglichkeit, mit magnetischen Methoden auf oolithische Erze zu muten, ist noch wenig bekannt. Nach dem Vorstehenden scheint diese Möglichkeit nur gering zu sein; denn die gestörten Gebiete treten nur in der nächsten Umgebung derjenigen Stellen auf, wo das Erz zutage tritt.

Schon bei einer Überdeckung von 20 m mit unmagnetischem Material ist die Feldstärke normal, und das Erz macht sich magnetisch in keiner Weise bemerkbar. Freilich kann man mit der magnetischen Methode auch schwach magnetische Gesteine nachweisen, wenn sie nur in genügender Mächtigkeit vorkommen. Dieser Fall liegt aber bei den oolithischen Eisenerzen nicht vor; so häufig dieselben sind, immer finden wir sie nur in geringer Mächtigkeit. Eine ähnliche Mitteilung finden wir bei Kaiser (9, S. 24); er findet über dem Ausgehenden eines oolithischen Roteisenerzlagers von einigen m Mächtigkeit und maximal 24 % Fe eine Indikation von 49 γ . Bei 10 m Überdeckung war der gemessene Wert normal.

Wir können schon jetzt sagen, daß es sich bei unserem Eisenerz um eine schwach paramagnetische Substanz handelt, deren Suszeptibilität immerhin größer ist als diejenige der sedimentären Kalke. Genaue Suszeptibilitätsbestimmungen an einigen Erzproben und einigen andern aargauischen Gesteinen werden im zweiten Teil mitgeteilt.

Zum Schluß spreche ich Herrn Dr. W. Brückmann meinen herzlichen Dank aus; bei den Vorbereitungen hat er mich mit manchem Rat hilfreich unterstützt, und bei der Auswertung der Messungen hat er sich in zuvorkommendster Weise um die Vermittlung der Variationsregistrierungen bemüht.

II. Suszeptibilitätsmessungen am Herznacher Eisenoolith und einigen andern aargauischen Gesteinen.

Die im folgenden mitgeteilten Suszeptibilitäten wurden mit einer Curieschen Torsionswaage gemessen. Bezüglich Theorie und experimenteller Anordnung dieser Methode muß auf die Literatur verwiesen werden (15). Als Eichsubstanz wurde Wasser verwendet, dessen Suszeptibilität in neuerer Zeit von verschiedenen Autoren mit großer Genauigkeit gemessen worden ist (16).

Als Suszeptibilität definiert man das magnetische Dipolmoment pro Volumeinheit, wenn die Substanz sich in einem magnetischen Feld von der Stärke 1 befindet. Die so definierte Suszeptibilität wird als Volumsuszeptibilität K bezeichnet; für unsere Zwecke ist es aber bequemer, das Dipolmoment statt

auf die Volumeneinheit, auf die Masseneinheit zu beziehen; wir erhalten dann die Massensuszeptibilität χ . Bedeutet ρ die Dichte der Substanz, so besteht zwischen den beiden Suszeptibilitäten die Beziehung:

$$K = \rho \cdot \chi \quad 7$$

Die Curiesche Torsionswaage gibt unmittelbar Massensuszeptibilitäten. Die Suszeptibilitäten fast aller Gesteine sind positiv (Gesteine sind paramagnetisch) und von der Größenordnung 10^{-6} bis 10^{-5} .

Tab. IV. **Magnetismus einiger Eisenerzproben.**

	$\chi \cdot 10^6$	ϱ	Fe
Probe 1	15.20	2.83	15.15
Probe 2	26.51	3.59	33.06
Probe 3	21.23	3.01	23.14

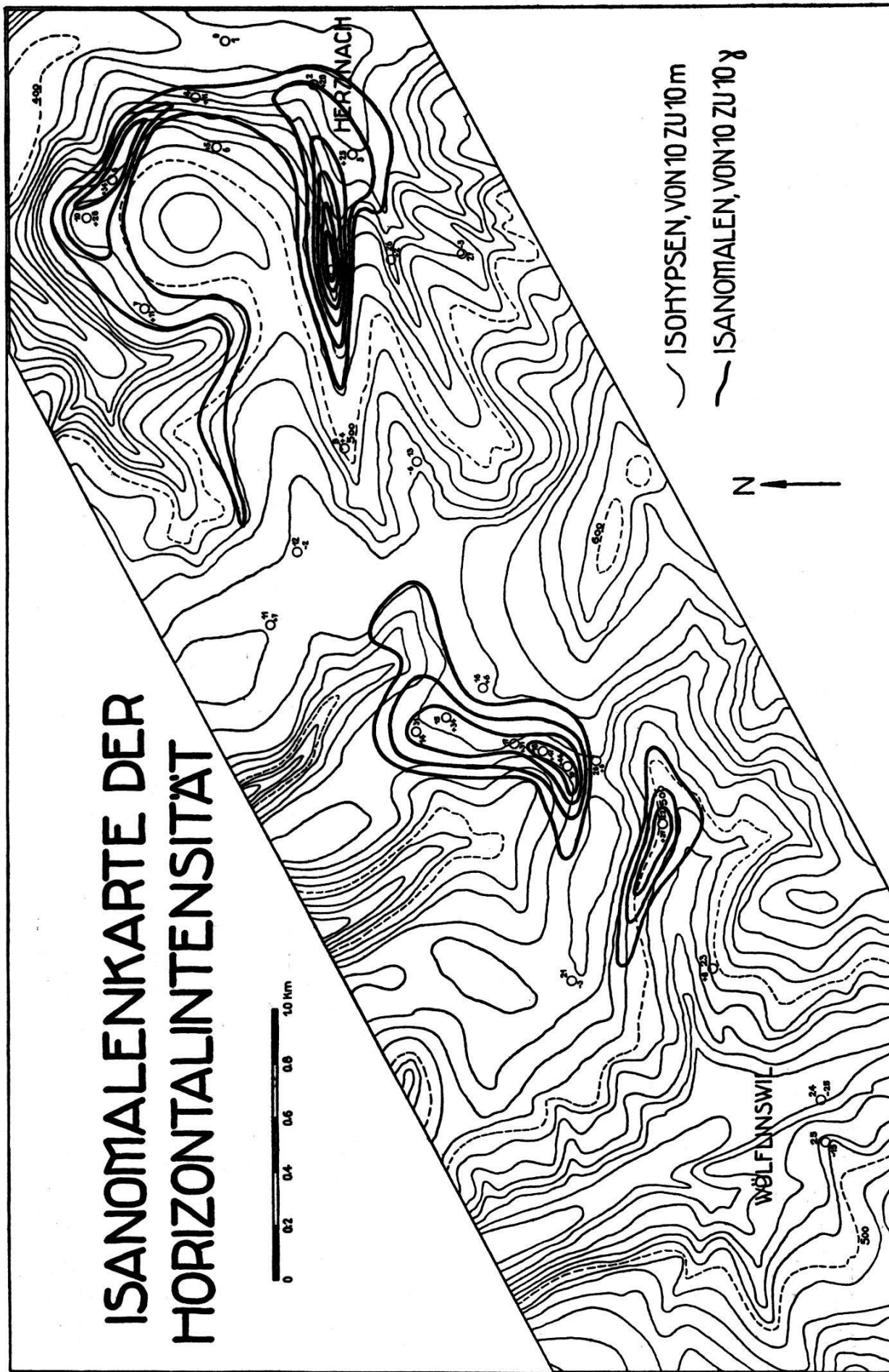
Es wurden drei Eisenerzproben untersucht; 1 und 2 sind zwei Proben aus der Windischmatt, eine eisenarme und eine eisenreiche. Probe 3 stammt aus dem «Boll». Die Proben wurden im natürlichen Zustand untersucht, da eine Vorbehandlung evtl. die chemische Bindung des Eisens und damit die Suszeptibilität hätte ändern können. Die Ergebnisse der Messungen sind in Tab. IV zusammengestellt. Beiläufig sind auch die Dichten der Gesteinsproben mitgeteilt; es handelt sich dabei um sog. «wahre» Dichten; man versteht darunter den Quotienten: Masse der Probe dividiert durch das von dem kompakten Gestein eingenommene Volumen (das Volumen der Hohlräume wird also nicht mitgerechnet). Bezüglich der Methoden zur Bestimmung «wahrer» Gesteinsdichten sei wieder auf die Literatur verwiesen (17). In der letzten Spalte der Tab. IV endlich ist der Eisengehalt der betreffenden Probe in % angegeben. Bei der Analyse wurde jedoch das Mangan nicht abgetrennt, so daß nur die Summe aus Eisen- und Mangangehalt bestimmt wurde. Aus zahlreichen Analysen geht aber hervor, daß der Mangangehalt rund 1 % des Eisengehaltes ausmacht (11) (18);

ISANOMALENKARTE DER HORIZONTALINTENSITÄT

0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 km

N

— ISOHYPSEN, VON 10 ZU 10 m
- - - ISANOMALEN, VON 10 ZU 10 γ



dementsprechend wurden die in Tab. IV mitgeteilten Werte für den Eisengehalt durch Verringerung der Summe aus Eisen- und Mangangehalt um 1 % erhalten. Dieses Vorgehen rechtfertigt sich dadurch, daß für unsere Zwecke eine Genauigkeit von 1 % völlig ausreicht. Tab. IV zeigt, daß ein sehr enger Zusammenhang besteht zwischen Suszeptibilität und Eisengehalt; die Zusammenhänge zwischen Dichte und Suszeptibilität einerseits und zwischen Dichte und Eisengehalt andererseits sind, wenn auch deutlich erkennbar, weniger ausgeprägt; der Grund dafür dürfte darin zu suchen sein, daß es sehr schwierig ist, bei porösen Gesteinen «wahre» Dichten zu bestimmen. [Die Porosität des Herznacher Eisenoolithes beträgt nach Saemann (11) im Mittel 20 %.] Zum Vergleich mit den gemessenen Suszeptibilitäten sei erwähnt, daß nach Haalk (3) (4) die mittlere Massensuszeptibilität der Sedimentgesteine rund 4 beträgt. Zusammenfassend kann man also sagen, daß wegen des engen Zusammenhanges zwischen Suszeptibilität und Eisengehalt (wenn ein solcher Schluß bei nur drei Messungen überhaupt gezogen werden darf) durch Messung der Suszeptibilität der Eisengehalt bestimmt werden kann. Natürlich gilt dieser Zusammenhang nur bei ein und demselben Erz, während zwei verschiedene Erze mit demselben Eisengehalt im allgemeinen ganz verschiedene Suszeptibilitäten aufweisen werden.

Anläßlich der Suszeptibilitätsmessungen am Herznacher Eisenoolith wurden auch andere aargauische Gesteine auf ihren Magnetismus untersucht. Über Gesteinsmagnetismus liegen viele Messungen vor (2) (3) (4), die sich aber hauptsächlich auf Eruptiva und metamorphe Gesteine mit hohen Suszeptibilitäten beziehen; auch sind wir über den Magnetismus der monomineralischen Gesteine gut orientiert; dagegen sind Messungen an Sedimenten, und besonders an schweizerischen Sedimenten, sehr spärlich. In neuerer Zeit hat Königsberger (10) einige Suszeptibilitätsmessungen an schweizerischen Gesteinen ausgeführt, jedoch mit einer rohen Methode, die zwar für gewisse Zwecke der angewandten Geophysik genügt, die aber bei den Sedimenten mit ihren kleinen Suszeptibilitäten zu unsichere Werte liefert. Die in Tab. V mitgeteilten Suszeptibili-

täten einer Anzahl von willkürlich ausgewählten Gesteinsproben sind als Voruntersuchung zu einer größeren Untersuchung über den Magnetismus von Sedimentgesteinen gedacht und sollen eine erste Orientierung über den Gegenstand geben.

Tab. V. **Suszeptibilitäten einiger Sedimentgesteine.**

Gestein und Fundort	$\chi \cdot 10^6$
1. Eisenschüssiger Sand, Hochterrasse, Roggenhausen .	6.58
2. Sand, Hochterrasse, Höhle im Roggenhausen	6.45
3. Sand, Niederterrasse, Stauwehr Aarau	5.41
4. Sand, Niederterrasse, Stauwehr Aarau	8.01
5. Untere Süßwassermolasse, eisenschüssig, Steinbruch der Zementfabrik Aarau	14.30
6. Roter Mergel, Kanal des Werkes Wettingen	9.72
7. Huppererde, Egerkingen Kanton Solothurn	1.40
8. Sequan, verlehmt. Höhle Roggenhausen	4.85
9. Sequan, verlehmt, Höhle Roggenhausen	3.91
10. Effingerkalk, Steinbruch der Zementfabrik Aarau .	2.00
11. Eisenoolith, Callovien, Herznach	25.11
12. Eisenoolith, Callovien, Herznach	28.83
13. Roter Schilfsandstein, Frick	8.45
14. Grauer Schilfsandstein, Frick	5.18
15. Gips, Keuper, Staffelegg	0.29
16. Wellendolomit, Stauwehr Albbruck-Dogern	9.45
17. Gneis, Schloßberg Laufenburg	10.15

Bei der Messung der Suszeptibilitäten wurden bei den stärker magnetischen Substanzen kleine, bei schwächer magnetischen dagegen größere Substanzmengen verwendet, wodurch erreicht wurde, daß der Fehler $|\delta\chi|$ zu χ proportional wurde; der relative Fehler $\frac{|\delta\chi|}{\chi}$ ist demnach nahezu konstant er liegt bei allen Messungen zwischen 0.005 und 0.010. Die Werte gelten für die Temperatur 20°.

Literaturverzeichnis.

1. A. Nippoldt: Erdmagnetismus, in: Einführung in die Geophysik. Bd. 8 der naturwissensch. Monographien und Lehrbücher, Berlin 1929.
 2. R. Ambronn: Methoden der angewandten Geophysik. Lp. 1926.
 3. H. Haalk: Die magnetischen Verfahren der angewandten Geophysik; 2. Aufl., Berlin 1934.
 4. Handbuch der Experimentalphysik, Bd. 25, 3. Teil.
 5. G. Angenheister: Erdmagnetische Messungen, in: Handbuch der Physik; Bd. 16.
 6. Th. Dahlblom: Über magnetische Erzlagerstätten und deren Untersuchung durch magnetische Messungen. Deutsch von P. Uhlich, Freiberg 1899.
 7. J. Königsberger: Zur Deutung der Karten magnetischer Isanomalien und Profile. Gerl. Beitr. zur Geoph. 19. S. 241—291.
 8. W. Brückmann: Erdmagnetische Vermessung der Schweiz I, II. Annalen der Schweiz. Meteor. Zentralanstalt 1930, 1931.
 9. A. Kaiser: Magnetische Messungen in Nordwestdeutschland. Diss. Berlin 1930.
 10. J. Königsberger: Bestimmung der Suszeptibilität von Gesteinen in schwachen Feldern. Zentralblatt f. Min. Geol. u. Pal. Abt. B. 1929 S. 97.
 11. H. Saemann: Untersuchung der Fricktaler Eisenerze und ihre Verhüttbarkeit. Diss. Zürich 1921.
 12. H. Fehlmann: Ist die Erzeugung von größeren Mengen Roheisen in der Schweiz möglich? Bern 1920.
 13. J. Maurer: Unsere erdmagnet. Verhältnisse im Spiegel ihrer Literatur. Beibl. z. d. Neuen Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges. 1, 1907; und Fasz. IV 4 der «Bibliogr. d. schweiz. Landeskunde» 1927.
 14. H. Rosat, Helv. Phys. Acta V, 315 (1932).
 15. P. Curie und C. Chéneveau: Scéances soc. franç. de phys. 1903.
 16. H. Auer: Ann. der Phys. Bd. 18, 593 (1933).
 17. J. Styni: Technische Gesteinskunde, 2. Aufl. Berlin 1929.
 18. P. Niggli, F. de Quervain, R. U. Winterhalter: Chemismus schweizerischer Gesteine, Beitr. Geol. d. Schweiz, geotechn. Serie, XIV. Liefg. 1930.
-