PAUL PASSALSKIJ UND SEIN LETZTES ERDMAGNETISCHES WERK.

VON PROFESSOR DR. E. LEYST.

Die erdmagnetische Wissenschaft verlor am 12/25. November 1900 durch einen plötzlichen Tod einen ihrer würdigsten Vertreter in Russland—*Paul Passalskij*. Ein reich begabter und äusserst thätiger Gelehrter ist nach kaum fünfjähriger, aber immense fruchtbarer Thätigkeit in ihm zu Grabe getragen worden, im Alter von nur 29 Jahren. Sein äusserer Lebensgang ist daher in nur wenigen Worten zu schildern.

Nach Beendigung des Gymnasiums in Kischinew bezog er die Universität Odessa, die er mit dem Grade eines Candidaten der Mathematik absolvirte, nachdem er für eine thermo-dynamische Arbeit von der Universität mit einer goldenen Medaille prämiirt worden war. Diese Arbeit war auch seine erste Druckschrift und umfasste über 200 Seiten. Er wurde zur Vorbereitung zu einer Professur bei der Universität belassen und da in demselben Jahre das magnetisch-meteorologische Observatorium der Universität Odessa eröffnet wurde, so wurde Passalskij von dem Director des Observatoriums, Professor Dr. Klossowskij, zum Beobachter ernannt. Zunächst waren es nur meteorologische Beobachtungen, die er auszuführen hatte, aber bald fand er im Cabinet der physikalischen Geographie einen alten magnetischen Theodolithen und unternahm eine Untersuchung desselben, worüber er eine besondere Abhandlung veröffentlichte. Hier zeigte sich bereits der gute Beobachter und scharfe Theoretiker.

Die reiche Begabung und die unermüdliche Thätigkeit Passalskij's lernte ich Sommer 1896 kennen, als ich auf Ersuchen der Direction den magnetischen Theil des Observatoriums in Odessa einrichtete und dabei von Passalskij unterstützt wurde. Es war uns beiden eine Freude zusammen zu arbeiten, denn Ermüdung war uns unbekannt. Diese vorzügliche Eigenschaft kam ihm auch sehr zu Statten bei der Untersuchung der Anomalie von Kriwoi-Rog, denn solche Arbeiten erfordern eine mit Sonnenaufgang beginnende und bis zum Sonnenuntergang ununterbrochen fortgesetzte Thätigkeit. Unsere gemeinsame Arbeit bei der Einrichtung des magnetischen Observatoriums in Odessa wurde unter dem Titel "Aufstellung der erdmagnetischen Variationsapparate" in Odessa im Jahre 1897 veröffentlicht. Die Leitung des magnetischen Theiles des Observatoriums übernahm Passalskij und führte sie bis zu seinem Tode.

Im December 1897 beendete Passalskij sein Magister-Examen

und begann im nächsten Semester seine Vorlesungen an der Universität Odessa über Erdmagnetismus in der Eigenschaft eines Privat-Dozenten. Neben der practischen Thätigkeit fand er noch Zeit für die academische. Da aber für eine Professur in Russland, ausser der Candidatenschrift, noch zwei Dissertationen erforderlich sind, so musste Passalskij sich nach einem geeigneten Thema umsehen, das er aus dem Gebiete des Erdmagnetismus wählen wollte. Anfang 1898 war er noch unschlüssig, doch bald entschied er sich für die magnetische Anomalie in Kriwoi-Rog, die von vornherein vielversprechend war. Ich hatte bereits zwei Sommer die Kursker Anomalie untersucht und um unsere Beobachtungen, die ich von Kursk bis nach Kriwoi-Rog nach Süden ausgedehnt hatte, vereinigen zu können, verabredeten wir, uns in Otschkolowka zu treffen und durch gleichzeitige Beobachtungen unsere Instrumente zu vergleichen. Dabei erwies es sich, dass die geomagnetischen Gradienten so gross waren, dass wir auf 21 Meter Entfernung unglaubliche Differenzen fanden und einfache gleichzeitige Beobachtungen keine erwünschte Vergleichung zuließen. In diesem Gebiete beobachtete Passalskij alle drei Elemente an 406 Puncten. Als er dann im darauffolgenden Winter an die Reduction auf bestimmte Epochen ging, stellte es sich nach den Erfahrungen von Professor Piltschikow und mir im Gebiete der Kursker Anomalie heraus, dass eine solche Reduction für Störungsgebiete höchst unsicher ist. Meine Variationsbeobachtungen vom Jahre 1897 im Kursker Gebiet ergaben für Orte mit grosser Inclination und kleiner Horizontal-Intensität ($I = 82^{\circ} 2'$ und $H = 0.076$ c. g. s.) eine Amplitude der Declination, welche mehr als das Dreifache der normalen betrug, während umgekehrt auf ein Kilometer Entfernung (bei $I = 59^{\circ} 7'$ und $H = 0.285$ c. g. s.) die Amplitude weniger als die Hälfte der normalen betrug. Um diese Verhältnisse in Kriwoi-Rog zu untersuchen, unternahm Passalskij im Jahre 1899 noch eine Fahrt in das Gebiet der grössten Störung und bestätigte meine Resultate.

Während Passalskij mit der Ausarbeitung seiner Beobachtungen vom Jahre 1898 beschäftigt war, unternahm er im Jahre 1900 bereits eine neue Arbeit, die magnetische Landesaufnahme der Halbinsel Krim. Der vorschnelle Tod hat ihn verhindert, sein neues Material (202 Puncte, davon 157 in der Krim) endgültig zu verarbeiten, aber eine vorläufige Uebersicht gab er mir in einem, einen Monat vor dem Tode abgefassten Brief, und diese Uebersicht hat ihm Anlass gegeben zu einigen Bemerkungen, die nach seinem Tode ohne nähere Begründung veröffentlicht wurden. Es handelt sich um die Abhängigkeit der Vertheilung des Erdmagnetismus von der Vertheilung von Land und Wasser. Die Beobachtungen auf der Halbinsel Krim zeigten keinerlei Anomalien, nicht mehr

als 10' bis 15'. Dennoch hatten die Isoklinen keinen regelmässigen Verlauf, sondern die äusserste derselben verläuft fast parallel den Süd- und Westküsten, und die übrigen laufen dieser parallel. Ich glaube jedoch, dass eine Verallgemeinerung dessen auf den ganzen Erdball etwas voreilig ist. Die Bearbeitung des Beobachtungsmaterials von Kriwoi-Rog war Anfang October 1900 beendet und in die Druckerei gegangen, doch war es dem Autor nicht vergönnt, mehr als 5 Druckbogen zu erleben. Die übrigen 29 Druckbogen, die zahlreichen Karten und Zeichnungen blieben unerledigt und Dank den Bemühungen des Privat-Dozenten B. Weinberg in Odessa wurden sie nachher in kürzester Zeit veröffentlicht. In diese letzte Arbeit gingen denn auch viele Bruchstücke einer von Passalskij geplanten künftigen Arbeit über, die scheinbar eine zu knappe Fassung haben. Es sind eben mehr oder weniger ausführliche Notizen, in welchen nur die mathematischen Entwicklungen ausführlich und sehr lehrreich sind. Ja, schliesslich sind noch mehrfach Vermuthungen, Fragen, Aufgaben und dergl. abgedruckt, die nicht nur auf Geomagnetismus, sondern auf Geophysik überhaupt Bezug haben und auf den Leser anregend wirken. Doch gleichzeitig muss man um so mehr bedauern, dass eine so tüchtige Kraft der Wissenschaft so früh entrissen wurde.

Glücklicher Weise ist ein grosser Theil der Resultate zeitig geborgen worden und liegt vor uns unter dem Titel "Ueber die Vertheilung des Magnetismus auf der Oberfläche der Erde," Odessa 1901, in russischer Sprache, ohne Resumé in andern modernen Sprachen. — 547 Seiten, 17 Karten und 17 Zeichnungen. Das Werk zerfällt in 7 Kapitel, Zusätze (78 Seiten) und 1249 Nummern Litteratur-Nachweis (darunter 72 in russischer Sprache). Der Hauptinhalt betrifft die Anomalie in Kriwoi-Rog, während die übrigen Kapitel sich mit Fragen beschäftigen, freilich auf weitester Basis, die zur Hauptfrage in naher Beziehung stehen. Es sind kritische Betrachtungen, die ebenso gut selbstständige Arbeiten bilden können, hier aber, wie in allen umfangreichen Arbeiten, häufig in den Hintergrund treten. Man wird Vieles dort nicht suchen und daher ist es Pflicht des Referenten, auf solche Ausführungen besonders hinzuweisen, zumal das Original in einer den Erdmagnetikern wenig geläufigen Sprache geschrieben ist.

Im ersten Kapitel giebt der Autor eine allgemeine Uebersicht der magnetischen Landesaufnahmen grösseren oder kleineren Umfangs nicht nur für Europa, sondern auch für die übrigen Welttheile, für die Polarländer und für grössere Reisen, hauptsächlich seit den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts. In dieser nach den Ländern geordneten Uebersicht sind nahezu 300 Quellen angegeben.

Das zweite Kapitel behandelt die Feldbeobachtungen und ihre Genauigkeit; mit viel Sachkenntniss wird die wahrscheinliche Genauigkeit zunächst an den Normalständen der Variations-Instrumente, da diese zur Reduction benutzt werden müssen, und dann weiterhin an den Differenzen in den Angaben verschiedener Theodolithe geprüft, und schliesslich betrachtet der Verfasser die thatsächlich erreichte Genauigkeit der englischen und der oesterreich-ungarischen Landesaufnahmen. Er findet, dass man über eine Genauigkeit der Declination und der Inclination von $2'$ bis $3'$ und der Horizontal-Intensität von 0.00005 bis 0.00010 c. g. s. nicht hinaus käme und zu dieser Annahme berechtigen ihn seine eignen 609 Beobachtungspuncte. Dann theilt der Verfasser Verschiedenes mit über die Praxis der Feldbeobachtungen und der sogenannten Reiseinstrumente. Man fühlt es dem Autor nach, wenn er sagt, dass jede entbehrliche Schraube des Instruments oder seiner Verpackung, die im Fahren zu Wagen bei schlechten Landwegen sich lösen kann, dem Beobachter viel Verdruss und Zeitverlust verursachen kann. Zum Schluss dieses Kapitels unterzieht der Verfasser das bereits seit 9 Jahren hängende Project der magnetischen Landesaufnahme in Russland einer sachgemässen Kritik und macht diesbezügliche Vorschläge.

In den folgenden 120 Seiten umfassenden Kapiteln werden die Reductionen der Feldbeobachtungen auf bestimmte Epochen sehr eingehend besprochen. Sehr werthvoll sind diejenigen Abschnitte, welche die Elimination des täglichen Ganges (Seite 107 bis 127) und die Aenderungen des Erdmagnetismus in verticaler Richtung (Seite 133 bis 182) behandeln, indem hier viel Neues geboten wird. Nachdem auf die seit Lamont gemachten Andeutungen über die Möglichkeit eigenartiger täglicher Variationen in den Gebieten starker Anomalien hingewiesen worden, werden die thatsächlichen Beobachtungen der neuesten Zeit herangezogen. Nachdem der Autor die Zahlenwerthe meiner Kursker Variations-Beobachtungen kurz mitgetheilt, giebt er eine vollständige Tabelle seiner eignen, freilich nur 10 Tagesstunden umfassenden Variations-Beobachtungen der Declination und Horizontal-Intensität an zwei etwa 3 Klm. von einander entfernten Puncten. Am Puncte *A* betrug die Horizontal-Intensität 0.043 c. g. s. und in *B* 0.464, also fast 11 Mal mehr. Die Amplituden betragen:

	PUNCT <i>A</i> .	PUNCT <i>B</i> .
Declination	$29'.2$ (in Odessa $7'.6$)	$5'.0$ (in Odessa $8'.3$)
Horizontal-		
Intensität	0.00021 (in Odessa 0.00035)	0.00179 (in Odessa 0.00038)

Die Variationen der Declination in Kriwoi-Rog bestätigen vollkommen meine Kursker Resultate, während die Grösse der Ampli-

tude der Horizontal-Intensität mit anormaler grosser Intensität eine ganz unerwartete Erscheinung war. Dieses veranlasste den Verfasser diese Frage eingehend theoretisch zu untersuchen. Ausgehend von den v. Bezold'schen Vectordiagrammen und den einschlägigen Piltschikow'schen Erörterungen, untersucht der Verfasser, bei Scheidung der normalen und anormalen Quantitäten, den Einfluss von magnetischen Massen unter der Oberfläche der Erde auf die täglichen Variationen, vorausgesetzt, dass die magnetische Masse homogen sei. Geleitet von den Entwicklungen von Riecke, Beer, Neumann, Wassmuth und anderen gelangt er zu Formeln, welche die in Gebieten von Anomalien zur Beobachtung kommenden täglichen Variationen darstellen. Unter vereinfachenden Annahmen über die störenden Massen findet man Ausdrücke, welche eine befriedigende Uebereinstimmung mit den oben angeführten Beobachtungen zeigen. Auf diesem Wege wird nicht allein die grosse Amplitude der Horizontal-Intensität im Punkte *B* völlig erklärt, sondern auch erwiesen, dass die üblichen Reductionen auf bestimmte Epochen bei Beobachtungen in Gebieten starker Anomalien ganz illusorisch sind.

Vielleicht noch wichtiger ist der Abschnitt über Reductionen auf ein bestimmtes Niveau, wenn nicht in practischer, so doch in theoretischer Hinsicht. Bekanntlich hat Professor Litznar die sehr einfache Relation der verticalen Aenderungen

$$\frac{\Delta X}{X} = \frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta Z}{Z} = \frac{3h}{R} = 0.00047h.$$

aus den Gauss'schen Formeln abgeleitet, wenn *h* die Seehöhe und *R* den Erdradius bezeichnet. Passalskij zeigt nun, dass dieses constante Verhältniss nicht statt hat und durch zu weitgehende Vernachlässigung der höheren Glieder entsteht. Nachdem er die Gauss'schen Formeln zweckentsprechend umgeformt und die Schmidt'schen Functionen R_m^n eingeführt, gelangt er zu folgenden Ausdrücken:

$$\begin{aligned} X_h &= X_o - \frac{3}{R+h} \frac{X_o - \alpha'}{R+h} \cdot h \\ Y_h &= Y_o - \frac{3}{R+h} \frac{Y_o - \alpha''}{R+h} \cdot h \\ Z_h &= Z_o - \frac{3}{R+h} \frac{Z_o - \alpha'''}{R+h} \cdot h \end{aligned}$$

wo α' , α'' , α''' Ausdrücke darstellen, die sich aus den Potentialformeln ergeben. Die nach diesen Formeln berechneten Zahlentabellen zeigen, dass $\Delta X/X$ u. s. w. durchaus nicht constante, nur mit der Höhe sich ändernde Verhältnisse darstellen, sondern sich mit allen

drei geographischen Coordinaten (ϕ , λ , H) ändern und von dem Liznar'schen Werth $0.00047h$ bis zu 94% abweichen können. Unter Theilung des normalen und anormalen Geomagnetismus in dem von mir angegebenen Sinn (normaler Geomagnetismus der Breite ϕ wird dargestellt durch diejenigen Glieder der Gauss'schen Entwicklung, welche nur die Coefficienten $G_{n,o}$ enthalten) leitet Passalskij getrennte Formeln für die Abnahme des normalen ($X\phi$) und des anormalen (Xa) Geomagnetismus ab und findet Ausdrücke von der Form:

$$\Delta X\phi = \frac{3 X_{\phi,o} - a'\phi}{R + h}$$

$$\Delta Xa = \frac{3 X_{a,o} - a'a}{R + h}$$

wo $a'\phi$ Reihen mit den Coefficienten $G_{n,o}$ und $a'a$ Reihen mit $G_{n,m}$ und $H_{n,m}$ ($m > o$) enthalten. Die Grössen

$$\Delta Xa, \Delta Ya \text{ und } \Delta Za$$

hat der Autor kartographisch dargestellt, aber nicht publicirt, weil sie den von mir veröffentlichten Karten Xa , Ya und Za (No. 8, 2 und 9) ähnlich sind. Er weisst weiterhin darauf, dass die verticalen geomagnetischen Gradienten von derselben Ordnung sind, wie die horizontalen, wobei aber zu beachten ist, dass der anormale Theil des Geomagnetismus mit der Höhe schneller abnimmt, als der normale Theil. Dies besagt, dass mit zunehmender Entfernung von der Erdoberfläche die normale nur von der geographischen Breite abhängige Vertheilung mehr und mehr vorherrscht.

Der Verfasser begnügt sich jedoch nicht mit demjenigen Theil des anormalen Geomagnetismus, der durch die Gauss'schen Constanten bei beschränkter Gliederzahl darstellbar ist, sondern geht auch auf die verticalen Aenderungen in localen Störungsgebieten ein und löst auch diese Aufgabe, vorausgesetzt, dass die hier sich äussernden Kräfte ein Potential haben. Zum Schluss dieses Kapitels kommt der Autor nochmals auf die Liznar'schen Untersuchungen über die verticalen Aenderungen zurück und erörtert die Frage, ob die von Professor Liznar gefolgerten electricischen Ströme ausserhalb der Erdoberfläche berechtigt sind, und verneint dies, da die Liznar'schen Formeln für die gesetzmässige Verticalabnahme des Erdmagnetismus nicht streng genug sind.

Im fünften Kapitel unterzieht der Autor die verschiedenen Prinzipien bei der Bestimmung des "normalen" Erdmagnetismus einer eingehenden Betrachtung und behandelt dieselben nach den Arbeiten von L. A. Bauer, Tillo, v. Bezold und mir. Darauf behandelt er noch die kartographische Darstellung der Landesaufnahmen, besonders mit Rücksicht auf grosse Störungsgebiete.

Das sechste Kapitel behandelt nur die Beobachtungen von Passalskij, der grossen Anomalie in dem Eisenerz-Gebiet von Kriwoi-Rog. (Geogr. Breite 48° und östliche Länge von Greenwich 33°). Das Störungsgebiet ist verhältnissmässig nicht gross und untersucht wurden etwa 2000 □ Klm. Die Zahl der Beobachtungspuncte betrug 406 und demnach entfallen 5 □ Klm. auf eine Station. Die Anomalie äussert sich hauptsächlich in meist meridional gerichteten Streifen mit grosser Verticalcomponente; zu beiden Seiten treten grosse Horizontalcomponenten auf, die Declination auf der Westseite nach Ost und auf der Ostseite nach West ablenkend. Die Streifen fallen mit den Eisenerzlagerstätten, soweit sie blossgelegt sind, zusammen, setzen sich aber auch da noch fort, wo die Erze nicht an der Oberfläche liegen. Gegenden letzterer Art sind geologisch auch weniger bekannt und Passalskij ist der Ansicht, dass genauere geologische Aufnahmen eine bessere Uebereinstimmung ergeben würden und meint, eine magnetische Aufnahme müsste der geologischen vorausgehen. Wir wollen die extremen Werthe der Elemente aus diesem Gebiet hier anführen.

		MAXIMUM.	MINIMUM.	DIFFERENZ.
Declination D		$102^{\circ}44' \text{ W.}$	$179^{\circ}56' \text{ E.}$	$282^{\circ}40'$
Inclination I		$86^{\circ}5'$	$44^{\circ}12'$	$41^{\circ}53'$
Horizontale Componente H		0.7130	0.0548	0.6582 c. g. s.
Meridionale	X	0.6370	—0.1278	0.7648 "
West	Y	0.6250	—0.3233	0.9483 "
Verticale	Z	1.7124	0.3548	1.3576 "
Ganze Intensität	W	1.7164	0.4002	1.3162 "

Ich gebe die Extreme nach den Zusammenstellungen von Passalskij selbst, bemerke aber, dass der eine der Puncte für Variationsbeobachtungen im Jahre 1899 den Werth $H=0.043$ c. g. s. hatte und mit diesem wächst die Differenz auf 0.670 c. g. s. Die Entfernung der Puncte mit den extremen Werthe X und Y beträgt 2 bis 3 Klm., die für Z und I , 55 Klm. Man findet bei Kriwoi-Rog magnetische Gradienten, die anderweitig unbekannt sind. Auf 42 Meter Entfernung ist die Declination um $116^{\circ}37'$ verschieden, oder um $2^{\circ}.8$ pro Meter. Auf 21 Meter Entfernung ändert sich die Inclination um $19^{\circ}1'$, die Horizontal-Componente 0.3609 c. g. s., die Y Componente um 0.458 und die Z -Componente um 0.529 c. g. s. Pro Meter findet man $\delta H = 0.0173$, $\delta Y = 0.022$ und $\delta Z = 0.025$. Vergleicht man diese angeführten extremen Werthe und die Gradienten mit den bekannten westeuropäischen und amerikanischen Anomalien, so findet man, dass die Anomalie in Kriwoi-Rog sie um das Zehnfache bis Hundertfache übertrifft. Was die starken Gradienten anbelangt, so erklären sie sich durch die streifenartige

Anordnung der Anomalien und Erzlagerstätten mit schroffen Uebergängen zu den einschliessenden Formationen und der Lage der Erzstreifen an der Oberfläche oder unmittelbar unter derselben. In dieser Beziehung übertrifft die Anomalie von Kriwoi-Rog sogar die Kursk'sche. Was aber absolute Werthe der Extreme und die Ausdehnung der Anomalie im Kursk'schen und den benachbarten Gouvernements anbetrifft, so steht sie noch unübertroffen da. Meine seit 1896 alljährlich fortgesetzten Untersuchungen haben in den 6 Jahren bei schachbrettartiger Vertheilung der 1523 Beobachtungspuncte, ohne nach extremen Puncten zu haschen, folgende Grenzwerte geliefert:

	MAXIMUM.	MINIMUM.	DIFFERENZ.
Declination :	360°	0°	360°
Inclination :	90°	39° 8'	50° 52'
Horizontale Intensität: 0.8560		0	0.8560 c. g. s.
Verticale Intensität: 1.8365		0.3713	1.4652 "

Sämmtliche Extreme im Kursk'schen Gebiet sind stärker abweichend, als in Kriwoi-Rog, nur das Minimum der Vertical-Intensität macht eine Ausnahme. Eine der Kursker Störungslinien hat eine Länge von mindestens 230 Klm., denn so weit liegt sie in dem von mir bereits untersuchten Gebiet. Demnach ist die Anomalie in Kriwoi-Rog besonders bemerkenswerth in Bezug auf die enorm grossen Gradienten.

Im siebenten, nicht ganz abgeschlossenen Kapitel, behandelt der Autor die Ursachen, welche locale Anomalien hervorrufen und giebt eine gedrängte Uebersicht verschiedener Erklärungsversuche. Es wird der Felsenmagnetismus kurz beleuchtet; dann werden die grösseren Anomalien betrachtet, ihre electrischen Erklärungsversuche von Naumann erwähnt und ablehnend erledigt; endlich wird der anormale Magnetismus des Erdballs betrachtet und zwar in Verbindung mit Isonomalen der Temperatur und der Vertheilung von Land und Wasser. Es sind hauptsächlich referirende Zusammenstellungen, die offenbar die Einleitung zu diesem Kapitel bilden sollten, welches aber nicht vollendet werden konnte. Eini-
ges, was hierzu gehört, findet man im Anhang halb angedeutet. In demselben Anhang findet man Ableitungen für die Formeln zur Berechnung der Lage der störenden Massen unter der Erdoberfläche.

Das ganze Werk ist ein würdiges Denkmal, das der so vorzeitig Dahingegangene sich selbst gesetzt hat. Friede seiner Asche!

MOSKAU, Anfang März 1902.