Sitzungsberichte

der

königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften

zu München.

Jahrgang 1862. Band II.

München.

Druck von J. G. Weiss, Universitätsbuchdrucker.

1862.

In Commission bei G. Franz.

ausreichen, und hebt verschiedene Thatsachen hervor, welche die Annahme einer magnetischen oder electricen Kraft zu fordern scheinen⁹.

Die Unbestimmtheit aller dieser Aeusserungen in unserer sonst an ausführlichen Hypothesen so fruchtbaren Zeit scheint einen hinreichenden Beweis dafür zu liefern, wie unsicher die jetzt noch vorhandenen Grundlagen sind. In der That steht kaum zu hoffen, dass es der Speculation gelingen wird die Untersuchung wesentlich zu fördern, bis durch künftige fortgesetzte Beobachtung neue Anhaltspunkte gewonnen sind. Die nächste Aufgabe geht also dahin, die Beobachtung der Erscheinungen in zweckmässiger und methodischer Weise fortzusetzen und weiter auszudehnen.

b) „Ueber das Verhältniss der magnetischen Intensitäts- und Inclinations-Störungen.“

Es sind nun 16 Jahre verflossen, seitdem ich als ein eigenthümliches Ergebniss der an der k. Sternwarte ausgeführten magnetischen Beobachtungen den Erfahrungs-Satz verkündigte: „dass bei jeder Störung der horizontalen Intensität gleichzeitig eine Störung der Inclination in entgegengesetztem Sinne eintrete, und dass zwischen der Grösse der Ausweichungen ein constantes Verhältniss bestehe, woraus man auf die Quelle dieser Erscheinungen zurückzuschliessen im Stande sei.“

Damals hegte ich die Hoffnung, dass die magnetischen Observatorien, welche man allenthalben mit so vielem Eifer einzurichten und zweckmässig auszustatten bemüht war, bald eine vollständige Darstellung der magnetischen Variationen für alle Welttheile liefern würden, so dass es keine Schwierigkeit hätte, sichere Schlüsse zu ziehen rücksichtlich auf den Punkt des Raumes, wo die magnetischen Störungen ihren Ursprung

(9) Rep. Brit. Association for 1859. p. 43.

haben, so wie rücksichtlich auf die Gesetze, nach welchen sie in verschiedenen geographischen Breiten modificirt werden.

Die Entwicklung der Institute, wodurch der Erdmagnetismus ergründet werden sollte, hat aber einen ganz andern Verlauf genommen als man anfangs zu erwarten berechtigt war: die meisten lösten sich auf, nachdem sie einige fragmentarische Bestimmungen geliefert hatten, und die fortbestehenden konnten zu einer vollständigen Organisation nicht gelangen, so dass die Data die man nöthig hätte, um mit Erfolg eine Untersuchung der gleichzeitigen Variationen der Intensität und Inclination in den verschiedenen Welttheilen zu unternehmen, jetzt noch nirgends zu finden sind.

Unter diesen Umständen hielt ich es gleichwohl für zweckmässig, jene Untersuchung neuerdings in Erinnerung zu bringen und bei dieser Gelegenheit die Frage zu erörtern, ob nicht vielleicht das Verhältniss der Intensitäts- und Inclinations-Störungen im Verlaufe der Jahre sich ändere. Eine solche Erörterung hat desshalb besonderes Interesse weil — wie ich früher schon nachgewiesen habe — die magnetischen Bewegungen einer zehnjährigen Periode unterliegen, und jetzt daran gelegen sein muss zu entscheiden, auf welche Verhältnisse jene Periode sich ausdehnt. Da jedoch die Münchener Beobachtungen gegenwärtig einen Zeitraum von mehr als zwanzig Jahren umfassen und somit die Masse des Materials ausserordentlich gross ist, so muss ich mich hier auf eine übersichtliche Darstellung beschränken.

Kleinere Abweichungen von der regelmässigen Periode kommen alle Tage vor, grössere sind selten: die letzteren bezeichnet man als Störungen und betrachtet sie als eine eigene Classe von Erscheinungen, die einen bestimmten Charakter haben, während die erstern als zufällig gelten und somit in gleiche Kategorie mit den unregelmässigen Aenderungen des Luftdruckes und der Temperatur gestellt werden. Dieser Ansicht zufolge pflegt man bei Untersuchung der Störungsgesetze die kleineren Abweichungen bei Seite zu setzen. Wenn aber,

wie es für wahrscheinlich zu halten ist, die kleinen Abweichungen den gleichen Ursprung wie die grossen haben und gleichen Gesetzen unterliegen, so erscheint jene Ausscheidung als unberechtigt. Gleichwohl wird man finden, dass es nothwendig ist, vorläufig die kleineren Abweichungen unberücksichtigt zu lassen und zwar aus einem Grunde, den man bisher nicht beachtet zu haben scheint.

Wenn man die Abweichungen bestimmt, so geschieht diess dadurch, dass man von der Beobachtung den täglichen Gang abzieht. Nun ist aber der tägliche Gang selbst mehr oder weniger durch die Störungen entstellt, und dieser Umstand hat begreiflicherweise bei den kleineren Abweichungen einen grossen Einfluss, während die grossen Abweichungen dadurch nur um einen kleinen Theil ihres Betrages geändert werden. Dieser Ansicht gemäss habe ich bei der folgenden Untersuchung bestimmte Grenzwerte angenommen und alle Bewegungen, welche den Grenzwert nicht erreichten, weggelassen.

Rücksichtlich der zu den Beobachtungen verwendeten Instrumente hebe ich folgende Punkte heraus. Als ich im Jahre 1840¹⁰ mit der Untersuchung des Erdmagnetismus mich speciell zu befassen anfang, hatte man noch wenige Erfahrungen rücksichtlich der Construction der Instrumente gemacht, und die Praxis führte mich bald zu der Ueberzeugung, dass die damals zu ziemlich allgemeiner Geltung gekommenen Grundsätze verschiedener wesentlicher Modificationen bedurften. Bei den Versuchen, die ich anstellte, ging ich von dem Grundsatz aus, dass es nicht hinreichend sei die theoretischen Bedingungen, welche aus der Physik und Mathematik gefolgert werden können, zu berücksichtigen, vielmehr die Entscheidung über zweckmässige Construction der Instrumente auf practischem Wege erlangt werden müsse. Erst dann kann man überzeugt sein, dass alle

(10) Die ersten magnetischen Beobachtungen an der Sternwarte machte ich im J. 1836; sie bestanden darin dass ich täglich um 8 Uhr Morgens und 1 Uhr Nachmittags die Declination bestimmte.

wesentlichen Bedingungen berücksichtigt sind, wenn mehrere Instrumente in demselben Locale aufgestellt, übereinstimmende Resultate liefern. Die Vergleichung mehrerer Instrumente ist also das wahre Kriterium, nach welchem die Zulässigkeit einer Construction zu entscheiden ist.

Indem ich diesen Grundsätzen zufolge zwei oder mehrere Instrumente von gleicher Construction gleichzeitig beobachtete, erkannte ich zuerst die Nothwendigkeit den Nadeln kleine Dimensionen zu geben, ich erkannte ferner den Einfluss der durch die äussere Temperatur erzeugten Luftströmungen im Innern der Magnetgehäuse und die Nothwendigkeit die Nadeln von allen Seiten eng einzuschliessen, die practisch nicht zu beseitigenden Uebelstände der Bifilar-Suspension, die nachtheilige Wirkung der Dämpfer, welche überdiess bei gehörig eingeschlossenen Nadeln unnöthig sind, und verschiedene andere Bedingungen von mehr oder weniger wesentlichem Belange. Es ist begreiflich dass die Untersuchungen, welche zu diesen Zwecken ausgeführt werden mussten, Zeit erforderten und genaue Bestimmungen nur nach und nach zu Stande kamen. So kommt es, dass die Declinationsbestimmungen im Jahre 1841, die Intensitätsbestimmungen 1842 und die Inclinationsbestimmungen 1843 anfangen.

Die Intensitäts-Variationen bestimme ich vermittelst einer Nadel, welche durch einen Deflector aus dem magnetischen Meridian abgelenkt wird, und zwar sind die Magnete des Deflectors mit Temperatur-Compensation versehen. Die Inclinations-Variationen erhalte ich mittelst weicher Eisenstäbe, und bestimme den Werth der Scalatheile nach einer eigenthümlichen Methode, welche man in Poggendorffs Annalen Bd. CIX, 79 und Bd. CXII, 606 entwickelt findet.

Um das Verhältniss der Bewegungen des Intensitäts-Instruments zu ermitteln, wurden zunächst die Schwankungen d. h. die Abweichungen vom regelmässigen Gange bestimmt, indem für jede Stunde das Monatmittel berechnet und dieses von den Beobachtungen der einzelnen Tage des Monats abgezogen wurde.

Nachdem auf solche Weise der tägliche Gang eliminirt war, wurden die sämtlichen Fälle herausgehoben, wo die zwei-stündige Bewegung der Intensität eine gewisse Grenze entweder zunehmend (+) oder abnehmend (−) überschritten hatte, daneben wurde dann die correspondirende Bewegung der Inclination mit ihrem Zeichen eingeschrieben. Als Grenzen nahm ich an:

1843—1845 10 Theilstriche = 0,0012 (absolut)

1846—1858 6 „ = 0,0013

1859—1860 6 „ = 0,0011.

Auf solche Weise erhielt ich eine Tabelle, die 2680 Beobachtungen enthält, und die wegen des grossen Umfanges hier weggelassen werden muss. Die nähere Betrachtung dieser Tabelle zeigt, dass ohne alle Ausnahme einer Zunahme der Intensität eine Abnahme der Inclination und einer Abnahme der Intensität eine Zunahme der Inclination entsprach, während das Verhältniss der beiden Grössen im Mittel zwar ein constantes bleibt, in den einzelnen Fällen aber kleinen Schwankungen unterliegt, deren Betrag aus einer früheren Zusammenstellung (Abhandl. der II. Classe der k. Akad. der Wissensch. V. Bd., 1. Abth. S. 88) entnommen werden kann.

Zunächst wurden die für die einzelnen Jahre gesammelten Data in Gruppen von je zehn Beobachtungen abgetheilt und für jede Gruppe

- 1) die Summe der positiven Bewegungen der Intensität und der correspondirenden negativen Bewegungen der Inclination;
- 2) die Summe der negativen Bewegungen der Intensität und der correspondirenden positiven Bewegungen der Inclination;
- 3) die Summe sämtlicher Bewegungen ohne Rücksicht auf das Zeichen berechnet.

In der auf solche Weise erhaltenen Tabelle gleichen sich die Zufälligkeiten aus und eine grosse Regelmässigkeit offenbart sich in den Zahlen: die Tabelle selbst ist übrigens eben so wie die oben erwähnte viel zu weitläufig um hier mitgetheilt zu werden.

Endlich wurden die sämtlichen zu einem Jahr gehörigen Gruppen zusammengenommen und so ein Gesamt-Resultat für jedes einzelne Jahr gewonnen. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle dargestellt, wobei zu bemerken ist, dass die Intensitäts - Aenderungen in Zehntausendstel, die Inclinations - Aenderungen in Minuten ausgedrückt sind.

Jahr	Intensität positiv	Inclination negativ	Intensität negativ	Inclination positiv	Aenderungen überhaupt	
					Intensität	Inclinat.
1843	+ 754,0	- 114,7	- 1105,8	+ 163,3	1859,8	278,0
1844	1393,1	203,9	1783,1	262,9	3176,2	466,8
1845	852,4	135,4	1691,3	267,8	2543,7	403,2
1846	2380,2	284,8	2791,6	354,8	5171,8	639,6
1847	1823,9	233,3	2346,7	374,2	4170,6	580,0
1848	1541,5	205,7	2067,5	291,2	3609,0	496,9
1849	804,2	113,4	1438,4	206,0	2242,6	319,4
1850	697,0	89,8	988,9	138,6	1685,9	228,4
1851	667,4	99,0	1069,1	151,8	1736,5	250,8
1852	2150,7	295,1	2736,9	387,6	4887,6	682,7
1853	1090,0	143,5	1891,5	260,8	2981,5	404,3
1854	1031,4	132,1	1926,4	255,2	2957,8	387,3
1855	552,4	74,3	891,5	124,5	1443,9	198,8
1856	392,2	49,1	746,0	104,1	1138,2	153,2
1857	500,3	63,7	837,4	122,1	1337,7	185,8
1858	1029,2	138,5	1042,3	141,0	2071,5	279,5
1859	1667,2	187,0	2192,9	287,9	3860,1	474,9
1860	2782,4	345,2	3358,3	468,2	6140,7	813,4

Eine periodische Zu- und Abnahme bemerkt man an diesen Zahlen nicht, was mit den Resultaten des Hrn. Sabine nicht im Widerspruche steht, da sie nicht die Grösse der Störungen im Allgemeinen, sondern nur die Grösse der zweistündigen Aenderung bei Störungen ausdrücken.

Berechnet man das Verhältniss der Intensitäts- und Inclinationszahlen, so erhält man folgende Tabelle:

Aenderung der Inclination in Minuten
für $\frac{1}{10000}$ der Intensität

Jahr	Intensität zunehmend	Intensität abnehmend	Aenderung der Intensität überhaupt
1843	0,1521	0,1477	0,1495
1844	0,1464	0,1474	0,1470
1845	0,1588	0,1583	0,1585
1846	0,1197	0,1271	0,1237
1847	0,1279	0,1475	0,1389
1848	0,1334	0,1408	0,1377
1849	0,1410	0,1432	0,1422
1850	0,1288	0,1402	0,1355
1851	0,1483	0,1420	0,1444
1852	0,1372	0,1416	0,1397
1853	0,1316	0,1379	0,1356
1854	0,1281	0,1325	0,1309
1855	0,1345	0,1397	0,1377
1856	0,1252	0,1395	0,1346
1857	0,1273	0,1458	0,1387
1858	0,1346	0,1353	0,1349
1859	0,1122	0,1313	0,1230
1860	0,1241	0,1394	0,1325
Mittel 1843 — 1860	0,1340	0,1410	0,1381

Auch in diesen Zahlen erkennt man keine Periode und die Schwankungen scheinen bloss von Zufälligkeiten herzurühren.

Berechnet man die Aenderung der Vertical-Intensität Y aus der Horizontal-Intensität X und der Inclination i nach der Formel

$$\frac{\delta Y}{Y} = \frac{\delta X}{X} - \frac{\delta i}{\sin i \cos i}$$

so hat man für die Periode 1843 — 1860

Aenderung der Horizontal-Intensität	correspondirende Aenderung der Vertical-Intensität
+ 0,0001	— 0,00000095
-- 0,0001	+ 0,00000623
überhaupt 0,0001	0,00000404.

Einer Zunahme der Horizontal-Intensität, d. h. der nach Norden ziehenden Kraft entspricht demnach eine Abnahme der verticalen Intensität, d. h. eine nach oben wirkende Kraft.

Verbindet man die nach Norden und die nach oben wirkende Kraft zu einer Resultante, so wird die Richtung dieser Resultante eine Höhe α über dem Horizont haben und in der Ebene des magnetischen Meridians liegen. Zur Bestimmung von α hat man die Gleichung

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\delta Y}{\delta X} = \frac{Y}{X} \frac{\frac{\delta Y}{Y}}{\frac{\delta X}{X}} = \operatorname{tg} i \frac{\frac{\delta Y}{Y}}{\frac{\delta X}{X}}$$

Die obigen Zahlen geben

für eine Zunahme der Horizontal-Intensität	$\alpha = 1,9$
für eine Abnahme der Horizontal-Intensität	$\alpha = 7,31$
für eine Aenderung überhaupt	$\alpha = 4,55.$

Die Abweichungen der drei Werthe von einander halte ich für zufällig und nehme den letzten als den sichersten an. Hiernach ist die Quelle der Störungen im magnetischen Meridian nördlich $4^{\circ} 55'$ über, oder südlich $4^{\circ} 55'$ unter dem Horizont zu suchen: da aber die Störungen an Stärke zunehmen je weiter man nach Norden geht, so hat man die erstere Bestimmung allein als die richtige zu betrachten.

Ich habe oben erwähnt dass es für das Endresultat möglicherweise von Einfluss sein könne, ob man bei Ausscheidung der Störungen die Grenzwerte grösser oder kleiner annimmt. Um zu entscheiden, in wie ferne dieser Umstand die von mir erhaltenen Zahlen modificirt haben konnte, hob ich die grossen

Bewegungen allein heraus, so dass für die Intensität die Grenze im Mittel 0,0024 betrug. Auf solche Weise verminderte sich die Zahl aller Bestimmungen von 1843 bis 1860 auf 492: die Resultate stellen folgende Tabellen dar:

Summe der grossen Bewegungen der Intensität
und Inclination.

Jahr	Intensität positiv	Inclina- tion negativ	Intensität negativ	Inclina- tion positiv	Grosse Bewegungen überhaupt	
					Intensität	Inclinat.
1843	175,0	22,8	269,0	39,2	444,0	62,0
1844	354,5	51,9	822,6	125,1	1177,1	177,1
1845	170,2	26,8	530,6	86,3	700,8	113,2
1846	637,6	72,8	872,0	110,6	1509,6	183,3
1847	716,9	78,7	1220,0	163,7	1936,9	242,4
1848	398,4	51,4	740,0	102,1	1138,4	153,5
1849	138,7	19,2	380,5	54,2	519,2	73,4
1850	140,4	20,1	280,2	41,4	420,6	61,4
1851	151,7	19,6	367,9	51,2	519,6	70,8
1852	610,7	83,5	1087,9	159,7	1698,6	243,2
1853	201,3	26,6	610,5	88,8	811,8	115,4
1854	150,4	20,1	566,2	79,2	716,6	99,3
1855	97,3	14,4	217,2	30,7	314,5	45,1
1856	88,8	11,6	209,4	31,0	298,2	42,6
1857	151,9	18,5	246,6	34,9	398,5	53,4
1858	110,2	15,5	211,7	31,6	321,9	47,1
1859	407,2	44,7	632,5	84,4	1039,7	129,1
1860	1043,4	123,6	1258,3	176,6	2301,7	300,2

Aenderung der Inclination in Minuten
für $\frac{1}{10000}$ der Intensität

Jahr	Intensität zunehmend	Intensität abnehmend	Aenderung der Intensität überhaupt
1843	0,1303	0,1457	0,1396
1844	0,1464	0,1521	0,1505
1845	0,1575	0,1626	0,1615
1846	0,1142	0,1268	0,1214
1847	0,1098	0,1342	0,1251
1848	0,1290	0,1380	0,1348
1849	0,1380	0,1424	0,1413
1850	0,1432	0,1478	0,1460
1851	0,1292	0,1392	0,1365
1852	0,1367	0,1468	0,1432
1853	0,1321	0,1455	0,1422
1854	0,1336	0,1399	0,1386
1855	0,1480	0,1413	0,1434
1856	0,1306	0,1480	0,1429
1857	0,1218	0,1415	0,1337
1858	0,1407	0,1493	0,1463
1859	0,1098	0,1334	0,1243
1860	0,1185	0,1403	0,1305
Mittel 1843 — 1860	0,1316	0,1430	0,1390

Man sieht, dass die grossen Bewegungen fast genau dasselbe Resultat geben, welches oben aus der Gesammtheit der grössern und kleineren Bewegungen abgeleitet worden ist.

Sabine war, wie ich glaube, der erste der nachgewiesen hat, dass die Störungen nicht etwa wie man früher glaubte an allen Punkten der Erde gleichzeitig und in ähnlicher Weise sich offenbaren, sondern dass sie ihre tägliche Periode haben eben so wie die regelmässigen Variationen. Die Störungen treten in solcher Weise auf, dass sie als eine Verstärkung der

regelmässigen Bewegung, also auch als eine Verstärkung der gewöhnlich wirkenden Kraft betrachtet werden können, und in diesem Falle müsste in den regelmässigen Bewegungen dasselbe Verhältniss statt haben, welches oben in den Störungen nachgewiesen worden ist, d. h. man hätte die Variationen der Intensität (in Zehntausendstel) mit 0,1381 zu multipliciren um die Variation der Inclination (in Minuten) oder letztere mit 7,241 zu multipliciren um erstere zu erhalten. In wie ferne hiemit die Beobachtung übereinstimmt, kann man aus folgenden Tabellen entnehmen.

Intensitäts-Variationen.

Stunde	aus der Inclination berechnet		beobachtet		Unterschied	
	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter
1 ^h Mg.	13,87	5,79	13,77	5,06	—0,10	—0,73
2	13,10	5,28	13,11	4,46	+0,01	—0,82
4	12,52	6,58	12,35	6,00	—0,27	—0,88
6	10,20	7,75	10,11	6,79	—0,09	—0,96
7	7,24	7,60	7,47	6,75	+0,23	—0,85
8	2,97	5,94	3,35	5,19	+0,38	—0,75
9	0,43	3,33	0,42	2,61	—0,01	—0,72
10	0,00	1,08	0,00	0,50	—0,00	—0,58
11	2,17	0,00	2,01	0,00	—0,16	—0,00
12	4,92	1,37	5,59	1,85	+0,67	+0,48
1 ^h Ab.	7,60	2,24	9,30	3,41	+1,70	+1,17
2	8,54	1,59	10,71	3,32	+2,17	+1,73
3	9,05	1,09	11,96	2,76	+2,91	+1,67
4	8,69	0,36	11,82	2,32	+3,13	+1,96
5	9,12	0,58	12,03	2,16	+2,91	+1,58
6	10,21	1,30	12,88	3,23	+2,67	+1,93
8	13,61	3,52	15,37	3,65	+1,76	+0,13
10	14,12	5,50	15,29	5,34	+1,17	—0,06
12	13,54	6,01	14,28	5,45	+0,74	—0,56

Inclinations - Variationen.

Stunde	aus der Intensität berechnet		beobachtet		Unterschied	
	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter
1 ^h Mg.	0,24	0,24	0,02	0,27	-0,22	+0,03
2	0,31	0,32	0,14	0,34	-0,17	+0,02
4	0,42	0,11	0,22	0,12	-0,20	+0,01
6	0,73	0,00	0,54	0,00	-0,19	+0,00
7	1,27	0,01	0,95	0,02	-0,32	+0,01
8	1,66	0,22	1,54	0,25	-0,12	+0,03
9	2,06	0,57	1,89	0,61	-0,17	+0,04
10	2,12	0,87	1,95	0,92	-0,17	+0,05
11	1,75	0,94	1,65	1,07	-0,10	+0,13
12	1,33	0,68	1,27	0,88	-0,06	+0,20
1 ^h Ab.	0,84	0,47	0,90	0,76	+0,06	+0,29
2	0,64	0,48	0,77	0,85	+0,13	+0,37
3	0,47	0,56	0,70	0,92	+0,23	+0,36
4	0,49	0,62	0,75	1,02	+0,26	+0,40
5	0,46	0,64	0,69	0,99	+0,23	+0,35
6	0,35	0,49	0,54	0,89	+0,19	+0,40
8	0,00	0,44	0,07	0,57	+0,07	+0,13
10	0,01	0,20	0,00	0,31	-0,01	+0,11
12	0,15	0,18	0,08	0,24	-0,07	+0,06

Die Uebereinstimmung der täglichen Bewegung mit dem Gesetze der Störungen geht zwar sehr weit, und es bleiben verhältnissmässig nur kleine Unterschiede übrig, gleichwohl offenbart sich in diesen eine zu grosse Regelmässigkeit, als dass sie für zufällig gehalten werden könnten. Wir haben demnach anzunehmen, dass zwei verschiedene Kräfte bei den magnetischen Bewegungen thätig sind, ein Satz den ich bereits in einer früheren Schrift (Resultate des magnetischen Observatoriums in München 1843 — 44 — 45) auf anderm Wege zu begründen gesucht habe.