11038705

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

1872. Heft II.

München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1872.

In Commission bei G. Franz.

Herr Bauernfeind bespricht und empfiehlt Dr. Fr. Pfaff's

„Beobachtungen über die Lateral-Refraction."

(Mit 1 Tafel.)

Während über die Veränderungen der Vertikalwinkel durch die atmosphärische Strahlenbrechung und deren Veränderlichkeit mit dem Wechsel des Standes des Barometers und Thermometers bereits Gesetze gefunden sind, welche gestatten, die an beobachteten Winkeln vorzunehmenden Korrectionen mit hinreichender Genauigkeit anzubringen, sind solche Gesetze für die Veränderlichkeit der Lateralrefraction vollständig unbekannt, und da dieselbe wohl grösstentheils von localen Einflüssen bedingt sein dürfte, kaum je als allgemein gültige zu finden: doch könnten durch zahlreiche Beobachtungen an verschiedenen Localitäten und zu verschiedenen Zeiten Erfahrungsgesetze gefunden werden, welche insoferne von praktischer Bedeutung werden können, als sie erkennen lassen, zu welchen Zeiten und Stunden am wenigsten die Beobachtungen von der Lateral-Refraction beeinflusst werden.

Als einen kleinen Beitrag zur Beantwortung dieser praktisch so wichtigen Fragen möchte der Verf. die folgende Beobachtungsreihe angesehen wissen, die er von ein und demselben Orte aus an denselben Objecten ein ganzes Jahr hindurch fortgesetzt hat, nachdem ihm von Sachverständigen die Mittheilung geworden, dass eine derartige Reihe von Beobachtungen nicht ohne Werth sein dürfte.

Ich will nun zunächst etwas näher die Localität, von welcher aus die Beobachtung Statt hatte, die Aufstellung des Instrumentes und die Lage und Beschaffenheit der beobachteten Objecte beschreiben.

Meine Wohnung, in welcher ich die Beobachtungen machte, liegt auf einem Keuperhügel 180 Fuss über der Thalsohle, in einem Garten, der 500 Fuss von der nächsten befahrenen Strasse entfernt ist. Die Fundamente des Hauses sind auf dem Felsen, Keuper-Sandstein, der stellenweise bis auf 1 Fuss unter die Oberfläche des Bodens heraufgeht. Auf der Nordseite des Hauses befindet sich ein kleiner Thurm, in dessen oberstem Raum das Instrument aufgestellt war und zwar in folgender Weise. Das kleine 8 Fuss im Durchmesser haltende Gemach ist oben von 2 sich rechtwinklig kreuzenden von Wand zu Wand gehenden Balken durchzogen. An dieses Balkenkreuz wurden 4 senkrecht stehende, dicke, eiserne Stäbe fest angeschraubt, so dass sie die Kanten eines quadratischen Prismas bildeten. Dieselben waren unten sowohl durch 2 diagonal verlaufende, wie durch 4 die Seiten des Quadrates bildende horizontale eiserne Stäbe verbunden. Auf diese Basis wurde nun der Theodolith gestellt, die Spitzen seiner Stellschrauben kamen dabei in 3 zu ihrer Aufnahme in die eisernen Querstangen der Basis gebohrte Löcher. Das Instrument blieb während der ganzen Zeit der Versuchsreihe unverrückt an derselben Stelle. Dasselbe ist von Ertel in München gefertigt, ein Repetitionstheodolith mit einem 7zölligen Horizontal- und 5zölligen Höhenkreis. Die 4 Nonien des ersteren geben 4 Sekunden, das Fernrohr hat 13 P.L. Oeffnung. Unmittelbar unter dem eisernen Rahmen stand ein hölzerner Dreifuss mit unbeweglichen Füssen. Er diente zum Aufstellen eines Mikroscopes, da ich der grösseren Genauigkeit des Ablesens wegen alle Ablesungen mittelst eines solchen, anstatt durch die Loupen vornahm. Es konnten mit demselben am Nonius noch ganz gut 5 Sekunden bestimmt werden, da die Vergrösserung des Mikroscopes eine 24fache war.

Das kleine Gemach hat 4 Fenster, ziemlich genau nach den 2 Haupthimmelsrichtungen gelegen, aus denen eine umfassende Rundsicht eine reichliche Menge zur Beobachtung

geeigneter Objecte für die fraglichen Untersuchungen darbot. Ich wählte 2 Thürme als solche, welche ganz besonders gut zum scharfen Einstellen des Instrumentes geeignet waren. Der erste war der Thurm einer Kapelle in Raiffenberg (Vexirkapelle im Munde des Volkes genannt) auf einem Vorsprunge des weissen Jura gelegen. Fig. 1. Derselbe liegt, weithin sichtbar, blendend weiss angestrichen, auf dem rechten Wisentufer nach NNO vom Beobachtungsorte. Seine Dimensionen sind zufällig von der Art, dass die 2 parallelen Fäden des Fadenkreuzes im Theodolithen, die ich senkrecht gestellt hatte, mit 2 seiner senkrechten Kanten zusammenfallen. Hinter ihm erhebt sich ein dichter dunkler Tannenwald, der bis zu dem Gipfel des Berges hinaufreicht, so dass sich der Thurm sehr scharf von diesem dunkeln Grunde abhebt. Das Dach der Kapelle ist mit Schiefer gedeckt und geht mit seinem Ende ganz hart an den Rand des Thurmes bei C. Der eine Faden musste genau diese Spitze beim Einstellen bedecken. Die kleinste Verrückung nach A hin liess einen freien Raum zwischen dem Faden 1 und dem Thurmrand erscheinen, eine eben so geringe nach B hin liess neben dem Faden 2 nach A zu sofort die schwarze Schieferspitze auf der weissen Thurmfläche zum Vorschein kommen, so dass bei hellem Wetter die Einstellung mit der grössten Genauigkeit gemacht werden konnte. Bei einigermassen getrübter Durchsichtigkeit der Luft machte ich keine Beobachtungen, sie fehlen daher für einige Monate ganz.

Die Entfernung dieses Thurmes von meinem Standorte beträgt nach den Messungen auf der Charte des K. Bayr. topographischen Bureaus 64,926 bayr. Fuss, seine scheinbare Höhe über dem Horizont 12′ 40″.

Das zweite Object bildete der Kirchthurm von Kalchreuth, einer der Hauptpunkte des trigonometrischen Netzes von Bayern (Fig. 2). Der oberste Aufsatz L bot hier die schicklichsten Visirpunkte. Die 2 Fäden berührten nämlich beim Einstellen die

kleinen Vorsprünge a und b des kuppelförmigen Daches und liessen dann eine schmale Lichtlinie zwischen sich und den beiden äusseren Dachstützen frei, da der Thurm so hoch liegt, dass hinter ihm der freie Himmel erscheint. Die Stellung des horizontalen Fadens wurde ebenfalls stets genau in derselben Weise gewählt, bei Fig. 1 zwischen Thurmwand und Schieferdach, bei Fig. 2 unmittelbar ober dem Thurmknopf. Zur weiteren Kontrole der Stellung der Fäden diente ferner noch bei Object 1 ein auf dem Gipfel des Berges ober dem Thurm gleichzeitig im Gesichtsfelde erscheinender Baumstamm, bei Object 2 die Uhr, deren goldene Zahlen und Zeiger namentlich bei Sonnenschein sehr scharf sichtbar waren. Der eine Faden halbirte das Zifferblatt. Die Entfernung beträgt für den Kalchreuther Thurm 38,110 Fuss, die scheinbare Höhe über dem Horizonte 26′ 25″. Um nun einen Richtpunkt zu haben, der von der atmosphärischen Strahlenbrechung nicht wohl merklich beeinflusst würde, wurde als 3tes Object zwischen den beiden andern liegend eine Marke, weiss auf schwarzem Grunde an der Wand eines massiven steinernen Hauses in einem der benachbarten Gärten gewählt. Seine Entfernung betrug 970 Fuss.

Die Beobachtungen wurden nun in folgender Weise vorgenommen, und zwar regelmässig, wenn es die Witterungsverhältnisse erlaubten, um 2 Uhr oder etwas vor 2 Uhr. Zunächst wurden die Libellen des Instrumentes besichtigt und wenn nöthig der horizontale Stand desselben wieder hergestellt. Hierauf wurde der Nonius unter dem Mikroscope auf Null genau gestellt, dann die Fenster nach N und O geöffnet und vor dieselben 2 geschwärzte, die Fensteröffnung vollkommen verschliessende Rahmen mit schwarzem Pappendeckel überzogen gestellt, in die an den nöthigen Stellen kleine Oeffnungen c. 4 cm. im Durchmesser geschnitten waren, gross genug, um die gewählten Objecte sehen zu können.

Auf diese Weise war das scharfe Visiren und Einstellen wesentlich erleichtert. Zuerst wurde nun der Winkel zwischen der Raiffenberger Kapelle und der festen Marke gemessen, gewöhnlich mit 5maliger Repetition, dann nach Entfernung des Fensterverschlusses am Nonius der Stand desselben abgelesen und hierauf in gleicher Weise und gleichoft der Winkel zwischen der Marke und dem Kalchreuther Thurm bestimmt. Nicht immer, aber doch sehr häufig wurde dann noch direkt der Winkel zwischen Raiffenberg und Kalchreuth gemessen. Das maximum der Differenz, welches ich erhielt, wenn ich diesen Winkel aus den 2 gemessenen Raiffenberg-Marke und Marke-Kalchreuth durch Addition berechnete und mit dem direkt gefundenen verglich, betrug 7 Secunden. Das direkt beobachtete Maximum und Minimum wich, ersteres um 1, letzteres um 2 Secunden von dem berechneten ab. Nachdem ich dieses vorausgeschickt, lasse ich zunächst die gefundenen Winkel für die genannten Objecte folgen und zwar bedeutet in den folgenden Kolumnen R:M den Winkel zwischen Raiffenberg und der Marke, M:K den zwischen dieser und Kalchreuth, und R:K die Summe der beiden ersteren. T. bedeutet die Temperatur am Beobachtungsorte, unter der Rubrik Bemerkungen sind sonstige meteorologische Daten aufgeführt.

Da die Differenzen sich lediglich auf Secunden beziehen, so habe ich die Grade und Minuten stets weggelassen, wo sich einige Male die Differenz so steigerte, dass dadurch die Minuten um 1 sich änderten, habe ich vorgezogen, doch die Anzahl der Secunden anzugeben. Es ist daher

in Kolumne	R:M	stets voranzustellen	81° 51′
,, ,,	M:K	,, ,,	8° 55′
,, ,,	R:K	,, ,,	90° 46′

Monat	R:M	M:K	R:K	T.	Bemerkungen.
Nov. 1	32	22	54	9,0	wechselnde Beleuchtung
2	27	23	50	6,0	bald Sonne, bald Wolken
3	21	27	48	4,6	Himmel bedeckt, Obj. sehr klar
4	30	25	55	6,5	N.Wind, schwacher Sonnenschein
6	32	24	56	6,6	Obj. ungemein klar
12	25	24	49	4,0	starker S.W.wind, Obj. ganz ruhig, Schnee
13	25	24	49	4,3	lebhafter SW. Obj. sehr klar u. ruhig
14	29	25	54	5,1	
17	26	21	47	6,5	schwacher SO. Objecte klar u. ruhig
18	28	24	52	7,4	Sonnenschein
19	30	30	60	7,4	
20	25	25	50	7,4	Sonnenschein, SO.
21	25	27	52	7,4	
22	25	22	47		sehr klar, ziemlich lebhafter W.Wind
24	27	24	51	11,0	
Dez. 1	23	25	48	0,2	
16	27	29	56	12,0	
20	23	30	53	8,0	
22	25	25	50	-8,5	NO. Sonnenschein
Jan. 1	25	20	45	- 11	klarer Sonnenschein, windstill
Mrz. 25	22	21	43	-0,2	
Mai 3	30	20	50	17,0	
11	28	22	50	20,6	
26	28	28	56	22,0	
27	33	23	56		sehr klar
30	36	22	58		
Juni 14	33	27	60	20,0	mehrere Regentage, mehr. Obj. klar
15	36	20	56	23,4	O.Wind
17	35	23	58	30,3	
Juli 4	36	28	64	20,6	W. etwas Regen Mittag
8	28	32	60	25,7	
9	28	28	56	24,6	
10	30	28	58	23,6	um 11^h Gewitter, Obj. sehr klar
13	26	33	59	18,5	ungem. klar u. ruhig, Himmel bedeckt W.
14	35	28	63	22,3	SW.
15	32	28	50	26,1	etwas dunstig
16	27	28	55	26,8	

Monat	R:M	M:K	R:K	R.	Bemerkungen.
Juli 17	36	28	64	23,3	NW., ganz klarer Himmel
18	39	27	66	28,6	
24	28	27	55	19,8	[wind lebhaft
25	32	23	55	16,5	Himm. bed., Obj. ungewöhnl. klar. W.-
26	29	28	57	14,8	Regen Vormittag, lebh. W. Obj. sehr klar
28	30	28	58	24,6	SW.
29	37	27	54	22,0	WSW. Obj. ungemein klar
30	28	27	55	16,9	Nacht vorher NW. Sturm. Wind noch lebh.
31	32	17	59	18,5	beginnendes Gewitter [Obj. s. klar, ruhig
Aug. 1	28	18	46	17,6	Himmel bedeckt NW.
2	30	30	60	20,7	Sonnenschein
3	30	34	64	26,2	Sonnenschein
8	27	25	52	22,1	Sonnenschein
22	32	15	47	25,6	Himmel etwas bedeckt
24	25	28	63	21,5	H. bed., Obj. ungew. klar. Gewitter am 23.
26	28	22	50	21,5	H. klar, frischer W.Wind
28	30	18	48	16,7	H. wolkig, Obj. ungew. klar NW.
29	37	23	60	19,6	H. wolkig N.
30	28	18	46	21,8	Sonnenschein, Himmel wolkenlos. NO.
Sept. 2	32	23	55	26,5	„ „ „ O.
4	28	23	51	23,9	heftiges Gewitter a. 23. mit 73 mm. Regen.
5	33	22	55	26,5	NO. wolkenlos. H. [Sonnenschein NO.
6	33	24	57	27,1	NO. wolkenlos. H., Obj. ungemein klar
7	33	28	61	27,2	NO. „ „ „ „ „
8	28	33	61	28,3	O. lebh. „ „ „ „ „
10	33	25	58	19,0	O. „ „ „ „ „
13	33	22	55	16,4	Sonnenschein, windstill
14	35	20	55	17,7	„ „
15	26	27	53	19,4	„ schwacher O.Wind
16	27	27	54	18,5	„ „ „
18	27	30	57	14,0	Sonnenschein, d. Himmel wird streifig
19	27	28	55	12,7	NW. H. etwas bedeckt
20	33	23	56	14,4	N. H. klar
24	32	22	54	19,5	bis 11^h Regen, Obj. s. klar. SW. lebhaft
25	32	22	54	12,5	starker W.Wind, Obj. ganz ruhig u. klar
27	28	28	56	18,5	H. bedeckt, SW. schwach, Obj. sehr klar
28	32	27	59	17,2	sehr starker SW., Obj. s. klar u. ruhig

Monat	R:M	M:K	R:K	T.	Bemerkungen.
Sept. 29	33	25	58	17,5	H. bedeckt, kein Wind. Obj. klar
Oct. 4	25	22	47	12,3	Sonnenschein, starker W. Wind. Obj. klar
6	26	22	48	14,7	Sonnensch. O. ungew. klar, W. s. schwach
7	25	23	48	15,0	Sonnensch. Luft ruhig
8	23	22	45	15,9	Himmel bedeckt, lebhafter W. Wind
9	30	30	60	9,9	Sonnenschein, Himmel theilw. bedeckt
10	27	25	52	9,0	Obj. ungemein klar, Windstille
12	23	23	46	9,0	Morgens Nebel, d. Sonne kommt Mittags
13	25	29	54	6,4	klar u. sonnig, windstill
14	25	26	51	7,3	frischer O. sehr klar
15	23	32	55	13,0	lebh. OSO. Obj. ungem. klar u. ganz ruhig
16	24	32	56	13,6	„ „ „ „ „ „ „ „
17	27	33	60	13,8	„ „ „ „ „ „ „ „
18	27	30	57	10,0	Windstille „ „ „ „ „ „
20	27	28	56	12,0	lebhaft. O. „ „ „ „ „ „
23	24	26	50	10,9	lebh. NW. „ „ „ „ „ „
24	22	27	49	10,6	lebh. NO. „ „ „ „ „ „
29	23	28	51	8,8	lebh. O. „ „ „ „ „ „
30	23	25	48	10,4	„ „ „ „ „ „ „ „

Der leichteren Uebersicht wegen habe ich die nachstehenden Angaben für R:M und M:K graphisch in der Weise dargestellt, dass ich den jedesmaligen Stand des Nonius in den Secunden der natürlichen Lage entsprechend für Raiffenberg nach links hin, für Kalchreuth nach rechts hin aufgetragen habe, die Summe der beiden giebt dann den Betrag des Winkels in seiner Secundenzahl zu der wie oben erwähnt die unveränderliche Anzahl von Graden und Minuten hinzuzuaddiren ist. Ich entnehme nun zunächst daraus einzelne Resultate. Es geht aus diesen Zahlen offenbar folgendes hervor:

1) Die horizontalen Winkel schwanken innerhalb nicht unbeträchtlicher Grössen, es beträgt nämlich die Schwankung zwischen Jahresmaximum und Jahresminimum für R:M 39

(18. Juli) —21 (3. Nov.) 18 Secunden, fast diesselbe Grösse erhalten wir auch für M:K nämlich 34 (3. August) —15 (22. August) = 19 Secunden. Die Differenzen zwischen R:K ergeben zwischen dem maximum und minimum 66 (18. Juli) —43 (25. März) = 23 Secunden.

Betrachten wir nun, wie sich die einzelnen Monate in dieser Beziehung verhalten, so finden wir folgendes bemerkenswerthe Resultat. Es zeigte sich nämlich für die einzelnen Monate folgende Differenzen zwischen maximum und minimum, wobei wir der geringen Zahl der Beobachtungen wegen Dezember, Januar und März — und Mai und Juni zusammengefasst haben: △ bedeutet die Differenz zwischen Maximum und Minimum.

Monat	R:M			M:K			R:K		
	Max.	Min.	△	Max.	Min.	△	Max.	Min.	△
November	32	21	11	30	21	9	60	47	13
Dez.—März	27	22	5	30	20	10	56	43	13
Mai u. Juni	35	28	7	28	20	8	60	50	10
Juli	39	26	13	33	17	16	66	50	17
August	37	25	12	34	15	19	64	46	18
September	35	26	9	33	20	13	61	51	10
October	30	23	7	33	22	11	60	45	15

Das Jahresmittel ergiebt sich für R:M zu 28,2 Sec., das für M:K zu 25,4 Sec., demnach das für R:K zu 53,7 Sec. Man sieht sofort, dass die grössten Schwankungen auf die Sommermonate fallen, die geringsten auf die Herbst- und Wintermonate. Auch aus der graphischen Darstellung ergiebt sich dieses Verhältniss auf den ersten Blick; es ist für alle 3 Winkel gleichmässig und gewiss kein zufälliges.

Ich gehe nun zur Erörterung der wichtigsten Frage über, nämlich der: Wie weit sind diese beobachteten

Winkeldifferenzen reelle und wie weit durch Beobachtungsfehler erzeugt?

Ich will hier kurz die wichtigsten Fehlerquellen besprechen.

Was zunächst die aus Instrumentfehlern entspringenden Fehler betrifft, so glaube ich diese hier nicht in Anschlag bringen zu dürfen. Da alle Messungen stets bei derselben Stellung des Instrumentes und in derselben Reihenfolge und Richtung vorgenommen wurden, so kommen dieselben hier, wo es sich nicht um Ermittlung eines absoluten Zahlenwerthes der 3 Winkel handelt, sondern nur um deren Differenzen bei veränderten atmosphärischen Einflüssen nicht in Betracht.

Was die Fehler der Einstellung betrifft, so dürften auch diese als kaum erheblich bezeichnet werden. Wie oben erwähnt wurde, waren die fernen Gegenstände so ausgewählt, dass ein sehr scharfes Einstellen leicht möglich war und nur bei günstigen Verhältnissen der Durchsichtigkeit der Luft wurden die Beobachtungen angestellt. Ich glaube annehmen zu dürfen, dass die Fehler der Einstellungen unter 5 Secunden betrugen und zwar aus folgenden Gründen. Die Entfernung des Raiffenberger Thurmes beträgt 64,900 F. Nehmen wir nun an, dass statt genau auf die Thurmkante die Fäden des Fadenkreuzes auf Punkte gerichtet gewesen wären, die einen ganzen Fuss weit von den Kanten entfernt lägen, so würde diess doch nur einen Fehler von 1 : 64,900 oder 3,2 Secunden ausmachen. Dieser Fehler würde sich bei nur einigermassen hellem Wetter sofort zu erkennen geben, indem wenn die Einstellung um diesen Betrag zu weit nach links Statt gehabt hätte, gegen B Fig. 1 hin, das schwarze Schieferdach rechts vom Faden 2 oder die weisse Thurmwand rechts vom Faden 1 sichtbar würde. Auch das Fallen der kleinen Fenster ausserhalb der Mitte des Gesichtsfeldes zwischen den beiden Fäden würde sich bei diesem

Betrage der fehlerhaften Einstellung zu erkennen geben. Man sieht dies aus Fig. 1[b], wo die Fenster so gezeichnet sind, wie sie unter obiger Voraussetzung zwischen den Fäden bei der Breite des Thurmes von 18 Fuss sich zeigen würden.

Ich habe auch öfters directe Versuche selbst bei weniger günstiger Beleuchtung z. B. im Monat November angestellt und mich dabei jedesmal überzeugt, dass eine Aenderung von 5 Secunden in der Einstellung sehr merklich war. Nachdem ich nämlich eingestellt hatte, verrückte ich, während ich mit dem Mikroscope den Nonius beobachtete, durch die Mikrometerschraube das Fernrohr um 5 Secunden, der Effect, wenn ich dann wieder durch dasselbe sah, war ganz entschieden zu erkennen.

In noch höherem Grade gilt dieses für das zweite Object und die Marke. Eine nach der Einstellung vorgenommene absichtliche Verrückung des Fernrohres um 5 Secunden zeigte sich auch hier sehr deutlich.

Was die Fehler der Ablesung betrifft, so sind dieselben bei der oben näher bezeichneten Art der Ablesung mittelst eines feststehenden Mikroscopes kaum in Anschlag zu bringen. Gesetzt auch, es sei am Nonius der Winkel nach 5maliger Repetition um 10 Secunden zu gross oder zu klein abgelesen worden, so würde dies für den so berechneten Winkel für jeden einzelnen Fall doch nur einen Fehler von 2 Secunden ergeben.

Es bleiben uns nun noch die Fehler übrig, welche aus der Lageveränderung, sei es des Instrumentes, sei es der Objecte hervorgehen können. Es ist ja eine aus astronomischen und geodätischen Operationen bekannte Thatsache, dass, man mag die Instrumente aufstellen, wie man will, kleine Lageveränderungen derselben durch Ungleichheiten der Temperatur der Postamente unvermeidlich sind, ebenso auch, dass die Beobachtungsobjecte, wie Thüren u. dergl. ebenfalls aus denselben Ursachen nicht vollkommen unverrückt einen unabänder-

lichen Stand einnehmen. Eine genaue oder auch nur annähernd zuverlässige numerische Angabe über die dadurch erzeugten Fehler möchte in den meisten Fällen unmöglich sein. Nichts desto weniger haben wir Anhaltspunkte, um den Einfluss einigermassen bestimmen zu können, den diese Verrückungen auf die Beobachtungen haben, theils in den Beobachtungsreihen selbst, theils in dem Verhalten der hier in Frage kommenden Materialien gegen die Wärme. Die beiden Thürme bestehen aus Quarzsandstein, meine Wohnung aus Backsteinen. Wir können für erstere den mittleren Ausdehnungscoefficienten des Quarzes von $0^0 - 100^0$ zu 1,00128 annehmen (eine directe Beobachtung an einem kleinen Stücke Sandstein ergab eine etwas geringere Grösse), für Backstein fand ich nur 0,00047. Berechnen wir damit die Verrückungen der Mauern, so ergeben sich so geringe Grössen für dieselben, dass wir sie, wenn wir solche Thürme als Beobachtungsobjecte nehmen, wenigstens für ein Instrument mit den Winkelangaben wie das von mir gebrauchte, füglich ausser Acht lassen können. Es fehlt uns hier allerdings noch ein Moment für die Beurtheilung dieser Grössen, nämlich, wie gross die Temperaturdifferenzen in den Mauern werden. Ein hohler, mit verhältnissmässig dünnen Wänden versehener Thurm verhält sich in Beziehung auf Erwärmungsverhältnisse und die davon abhängigen Bewegungen seiner Theile ganz anders als ein massiver Pfeiler. Die Ungleichheiten sind hier viel geringer, weil erwärmende und erkältende Einflüsse stets von 2 Seiten einwirken und nie den Betrag erreichen können, wie bei massiven Pfeilern. Für unseren Fall handelt es sich nur um die durch solche Temperaturdifferenzen erzeugten horizontalen Verrückungen, die vertikalen können wir ausser Acht lassen. Nehmen wir nun selbst das Maximum der Differenz in der Temperatur zwischen Winter und Sommer an, nämlich — 11 C (1. Januar) und 28,6 (18. Juli) also 39,6 oder in runder Zahl 40° C.,

so würde dadurch für eine Sandsteinmauer sich eine Ausdehnung in horizontaler Richtung von 40 × 0,0000128 gleich 0,000512 ihrer Breite ergeben. Für unseren Thurm in Raiffenberg würde das bei einer Breite von 6 Meter doch nur 3 Millimeter ausmachen. Es kommt aber dann noch in Betracht, dass die Wärmeleitung des Sandsteines eine so grosse ist, dass erhebliche Temperaturdifferenzen in der Mauer selbst nicht eintreten können. Nach meinen Versuchen [1]) kommt des Quarzes Leitungsfähigkeit derjenigen der am besten leitenden Metalle nahe, übertrifft diejenige des Eisens z. B. beträchtlich, indem die Leitungsfähigkeit des Silbers zu 1000 angenommen die mittlere des Quarzes 447 ist, während die des Stahles nur 397 beträgt.

Von grösserem Einflusse würde sich eine Verrückung des Instrumentes durch solche Temperaturungleichheiten zeigen namentlich in Beziehung auf die ungleich nähere Marke. Aber auch diese kann auf die gewonnenen Resultate nicht von erheblichem Einflusse sein. Wegen der noch viel geringeren nicht die Hälfte von dem Ausdehnungscoefficienten des Quarzes betragenden Ausdehnung der Backsteine können wir dieselbe kaum einige Millimeter im Maximum betragend annehmen, dadurch würde nun allerdings die Richtung zur Marke schon merklich beeinflusst, und insoferne auch die Winkel R:M und M:K, aber stets in der Art, dass der eine um eben so viel zu gross gefunden würde, als der andere sich kleiner zeigte, eben weil für die Summe dieser beiden Winkel d. h. für den Winkel Raiffenberg-Kalchreuth wegen der grossen Entfernung derselben vom Instrumente eine Verrückung des Instrumentes von 2 Zoll oder 5 cm. den Winkel höchstens um $^9/_{10}$ Secunden ändern würde.

Ein Blick auf unsere graphische Darstellung oder auf die Uebersicht pag. 155 zeigt übigens sofort, dass eine derartige Veränderung der beiden Theilwinkel R:M und M:K

1) Siehe diese Sitzungsberichte 1860.

wie sie eine so beträchtliche Lageveränderung des Instrumentes zu Stande bringen würde, aus den Beobachtungen durchaus nicht ersichtlich ist. Weit entfernt davon, dass die Summa dieser beiden Winkel weniger schwankte, sind die Differenzen derselben selbst grösser, als die der Theilwinkel, da diese nur 18 und 19, jene dagegen 23 Secunden erreichen. Ich knüpfe an das Vorhergehende einige Erörterungen, die mir nicht ohne einige praktische Wichtigkeit zu sein scheinen, da es unmöglich sein wird, ein Gesetz für die Veränderung der horizontalen Winkel aufzufinden, indem dieselben wohl grösstentheils von rein localen Verhältnissen neben den zeitlich wechselnden meteorologischen abhängen. Unter diesen localen Verhältnissen ist die Beschaffenheit des Bodens vom allergrössten Einflusse; seine mineralogische Zusammensetzung und die davon abhängigen Verhältnisse der Erwärmung, der Feuchtigkeit, die Vegetationsverhältnisse sowie die hydrographischen müssen eine ausserordentliche Mannichfaltigkeit in Beziehung auf die Brechungsverhältnisse der Luft über dem Boden erzeugen. Dies zeigt sich auch sehr bestimmt in den beiden Beobachtungsreihen. Gewiss war man berechtigt, zu erwarten, dass die Differenz in den beobachteten Winkeln für das fast doppelt soweit entfernte Object Raiffenberg grösser ausfallen würde, als für das nähere Kalchreuth. Das ist aber nicht der Fall, die Differenzen zwischen maximum und minimum für die einzelnen Monate sind mit einziger Ausnahme des November durchgängig grösser für Kalchreuth als für Raiffenberg, ebenso auch die Differenz zwischen maximum und minimum des Jahres, obwohl die letztere sehr gering ist.

Ich glaube in den Terrainverhältnissen (im weitesten Sinne) den Grund hiefür suchen zu müssen.

Der Hügelzug, auf dem die Beobachtungen angestellt wurden, scheidet zwei den Boden- und Kulturverhältnissen nach sehr verschiedene Gegenden. Südlich von demselben

dehnt sich im Gebiete des Keupers meilenweit eine sandige, trockne nur spärlich mit kleinen Bächen versehene Ebene aus, die grösstentheils mit Föhrenwaldung bedeckt ist. Erst unmittelbar bei Kalchreuth lagern sich die Mergellager des Lias über den Sand. Die Visirlinie nach diesem Orte geht über dürre, sandige Felder und den Föhrenwald. Der Sandboden erhitzt sich in der Sommersonne so stark, dass ein mit seinem Gefässe in denselben gestecktes Thermometer bis auf 60° steigt.

Nördlich von dem Beobachtungsorte geht die Visirlinie nach Raiffenberg zuerst parallel der Rednitz über fruchtbares Land nicht weit von dem Rande des Flusses und dann in das Wisentthal, dem fränkischen Jura angehörend. Dieses wird bald oberhalb der Einmündung des genannten Flüsschens in die Rednitz enger und ist von 800—1000 Fuss über die Sohle aufragenden Bergen oder richtiger einem Plateau mit eingerissenen Thälern eingefasst. Der uns interessirende untere Theil läuft ziemlich genau in der Richtung unsrer Visirlinie, ist äusserst fruchtbar und hat namentlich viele, im Sommer sehr stark durch Kanäle aus dem Flusse bewässerte Wiesen. Die Hügel von Forchheim bis Raiffenberg haben prächtige Laubwälder, in einer Länge von 10,000 Fuss eght die Visirlinie über diese Hügel und Wälder hin.

Die Verschiedenheit in den Winkeländerungen der beiden Objecte kann wohl durch diese grosse Verschiedenheit der Terrainverhältnisse bedingt sein. Vielleicht dürften die so auffallenden Schwankungen von M:K Ende Juli und Anfang August von dem Umstande bedingt sein, dass in dieser Zeit die Ernte auf den Feldern Statt fand und dadurch die sandige Fläche den Einflüssen der Sonne und des Regens zugänglicher würde.

Einen nachweisbaren deutlichen Einfluss des Barometer- und Hygrometerstandes konnte ich nicht bemerken, ich habe daher oben auch den Stand dieser beiden Instrumente (das

Hygrometer konnte ich erst vom 1. Januar an beobachten) nicht mit aufgeführt. Von praktischer Bedeutung scheint mir die Thatsache, dass anhaltende mehrere Tage dauernde Winde die beobachteten Winkel wenig vom Mittel abweichend ergaben. Unter 22 Tagen, an denen dieses eintrat, waren 15 an denen die Abweichung nicht ganz 5 Secunden betrug. Es ist dies wohl leicht aus dem Umstande erklärlich, dass durch solche Winde locale Ungleichheiten in der Luft fast ganz ausgeglichen werden.

Ob die verschiedenen Tagesstunden einen merklichen Unterschied auf die Veränderungen der Horizontal-Winkel haben, das zu eruiren, wäre gewiss auch von praktischer Wichtigkeit. Ich habe in dem Monate September und October einige Beobachtungen zu diesem Behufe gemacht, aber kein bestimmtes Resultat erlangt. Ich glaube, dass dazu ein grösseres Instrument erforderlich wäre. Es lässt sich daher auch nicht mit Sicherheit angeben, ob diese zur Zeit des Temperaturmaximums des Tages gemachten Beobachtungen uns auch das maximum der Differenzen in den horizontalen Winkeln geben, obwohl der Einfluss der Temperatur als der bedeutendste und augenfälligste sich in den Beobachtungen zu erkennen giebt. Vielleicht geben darüber, also auch über die passendste Wahl der Beobachtungsstunden, ausgedehntere Beobachtungen einmal Aufschluss, die von Beobachtern, denen bessere Instrumente zu Gebote stehen, angestellt werden.

Zu Dr. Pfaff's „Lateralrefraction"

Fig. 1.

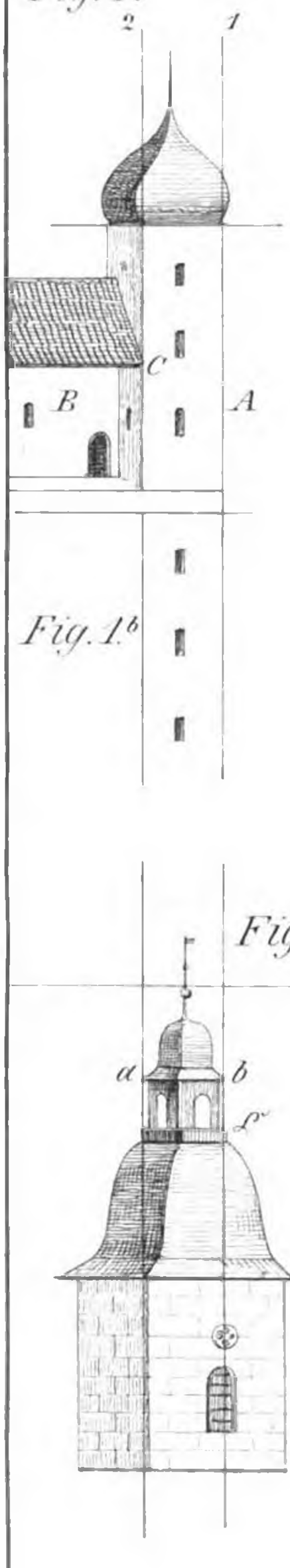
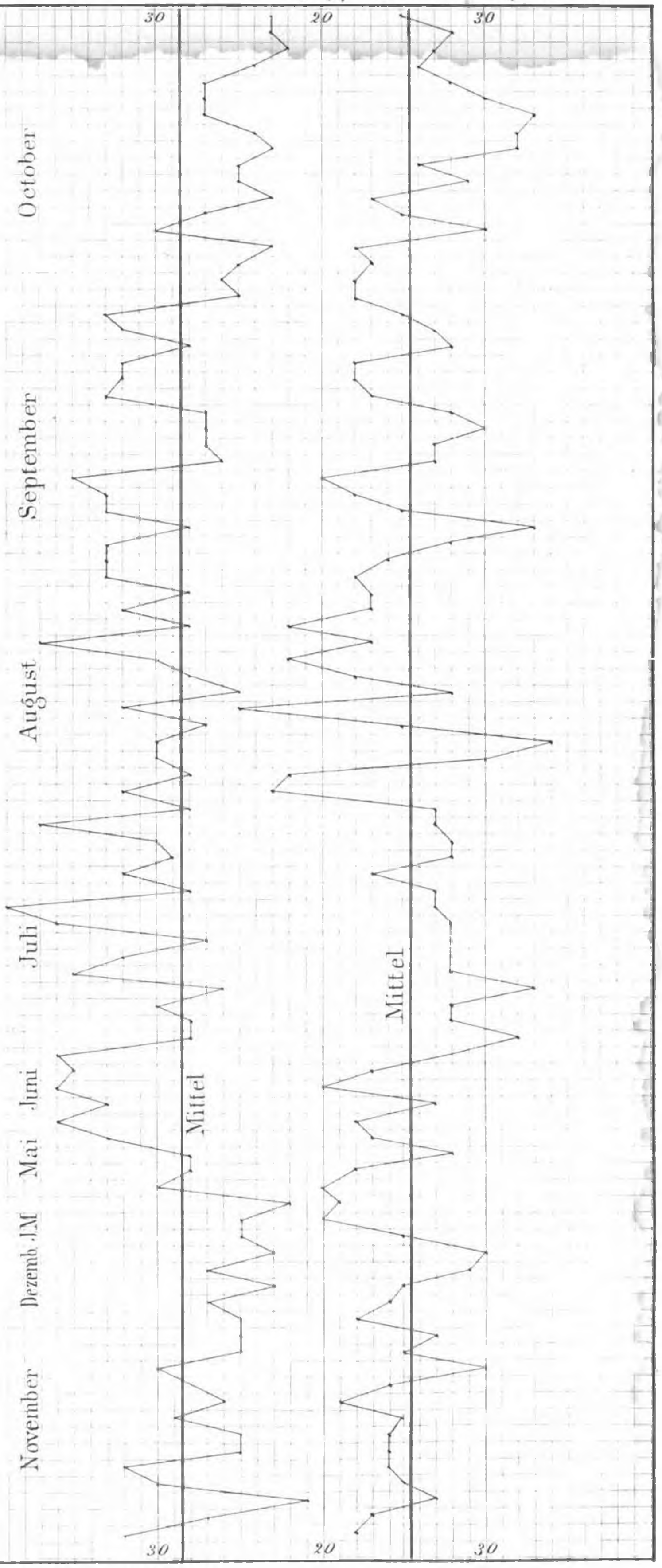


Fig. 1b

Fig. 2.



Lith. Anst. v. Gebrüder Obpacher, München.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften München

Jahr/Year: 1872

Band/Volume: 1872

Autor(en)/Author(s): Pfaff Friedrich

Artikel/Article: Beobachtungen über die Lateral-Refraction 147-162